



**TUGAS AKHIR - TL 141584**

**ANALISA PENGARUH FRAKSI MASSA TERHADAP  
SIFAT AKUSTIK DAN KEKUATAN LENTUR PADA  
PEMBUATAN KOMPOSIT POLYURETHANE/SERAT  
BAMBU BETUNG DENGAN METODE HAND LAY-UP  
UNTUK APLIKASI DOOR PANEL MOBIL**

**ERDINANTO EKO AHADDIN  
NRP 2712 100 117**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Moh. Farid , DEA  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.**

**JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2016**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT - TL 141584**

**ANALYSIS EFFECT OF MASS FRACTION ON ACOUSTIC  
PROPERTIES AND FLEXURAL STRENGTH  
POLYURETHANE COMPOSITE/BAMBOO BETUNG  
FIBER USING HAND LAY-UP METHOD FOR DOOR  
PANEL VEHICLE**

**Erdinanto Eko Ahaddin  
NRP 2712 100 117**

**Advisor  
Ir. Moh. Farid , DEA  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF MATERIALS AND METALLURGICAL  
ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2016**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**ANALISA PENGARUH FRAKSI MASSA  
TERHADAP SIFAT AKUSTIK DAN KEKUATAN  
LENTUR PADA PEMBUATAN KOMPOSIT  
POLYURETHANE/SERAT BAMBU BETUNG  
DENGAN METODE HAND LAY-UP UNTUK  
APLIKASI DOOR PANEL MOBIL**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Material Inovatif  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**Erdinanto Eko Ahaddin**  
NRP. 2712 100 117

Disetujui oleh Tim Pengantar :

Ir. Moh. Farid , DEAN ..... (Pembimbing I)

Vania Mitha Pratiwi, S.T. .... (Pembimbing II)



**JULI 2016**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**ANALISA PENGARUH FRAKSI MASSA TERHADAP  
SIFAT AKUSTIK DAN KEKUATAN LENTUR PADA  
PEMBUATAN KOMPOSIT POLYURETHANE/SERAT  
BAMBU BETUNG DENGAN METODE HAND LAY-UP  
UNTUK APLIKASI DOOR PANEL MOBIL**

**Nama** : Erdinanto Eko Ahaddin  
**NRP** : 2712 100 117  
**Jurusan** : Teknik Material dan Metalurgi  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Moh Farid, DEA  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

**ABSTRAK**

*Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa material komposit polyurethane berpenguat serat bambu untuk penyerapan suara pada bagian door panel kendaraan. Permasalahan yang dikaji untuk mengetahui nilai koefisien absorpsi suara, kekuatan tarik serta kekuatan lentur dengan membandingkan variasi komposisi serat dengan matriksnya menggunakan metode hand lay up. Komposisi fraksi massa serat yang digunakan adalah 5%, 10%, 15%. Tujuannya untuk mendapatkan nilai koefisien absorpsi suara terbaik serta sifat mekanik yang baik. Metode yang digunakan berdasarkan standartd ASTM E 1050, ASTM D790, ASTM D3039. Dari hasil pengujian didapatkan nilai koefisien absorpsi suara, kekuatan lentur dan Tarik tertinggi secara berturut turut, 0.435 pada frekuensi 4000 Hz, 19.142 Mpa, 0.8 Mpa Nilai tertinggi ini didapatkan pada komposit dengan presentase 15%B-85%PU.*

**kata kunci : Sound Absorption Material, Interior, Serat Bambu, Polyurethane, Hand lay-up**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**ANALYSIS EFFECT OF MASS FRACTION ON  
ACOUSTIC PROPERTIES AND FLEXURAL STRENGTH  
POLYURETHANE COMPOSITE/BAMBOO BETUNG  
FIBER USING HAND LAY-UP METHOD FOR DOOR  
PANEL VEHICLE**

**Name** : Erdinanto Eko Ahaddin  
**NRP** : 2712 100 117  
**Department** : Teknik Material dan Metalurgi  
**Advisor** : Ir. Moh Farid, DEA  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

**Abstract**

*Objective of this research was used to analyze bamboo fibre reinforced polyurethane composite for sound absorption used in the door panel part of the vehicle. The problem was examined to find out the value of sound absorption coefficient, tensile strength and flexural strength by comparing variation of composition reinforcement and matrix using hand lay up method. The composition of the mass fraction of the reinforcement used were 5%, 10%, 15%. The goal was to get the best sound absorption coefficient value and good mechanical properties. The methods used were based on ASTM E standard 1050, ASTM D790, ASTM D3039. From the results was obtained by testing the sound absorption coefficient, Tensile strength and flexural strength in successive takes part, 0435 at 4000 Hz frequency, 19.142 MPa, 0.8 MPa. The highest value was obtained on composite with a percentage of 15% B-85% PU.*

**keywords:** *Sound Absorption materials, Interior, Bamboo Fiber, Polyurethane, Hand lay-up, Tensile Strength, Flexural Strength*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit .....	5
2.2 Klasifikasi Material Komposit .....	6
2.3 Serat/Fiber .....	11
2.4 Matriks .....	11
2.5 Hukum Pencampuran .....	13
2.6 Serat Bambu.....	14
2.7 Polyurethane .....	16
2.8 Interface .....	19
2.9 Metode Hand lay-up .....	19
2.10 Gelombang dan Bunyi .....	20
2.10.1 Gelombang.....	20
2.10.2 Bunyi.....	24
2.11 Material Akustik .....	25
2.12 Koefisien Serap Bunyi .....	27
2.13 Bahan Absorpsi Suara.....	30
2.14 Standar nilai dB untuk interior kendaraan .....	32
2.15 Aplikasi komposit secara umum .....	33

2.16 Penelitian terdahulu komposit absorpsi suara...	35
--	----

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	41
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian.....	42
3.2.1 Bahan Penelitian .....	42
3.2.2 Peralatan Penelitian.....	43
3.3 Variabel Penelitian.....	46
3.4 Rancangan Penelitian.....	47
3.5 Metode Penelitian .....	47
3.5.1 Persiapan Bahan .....	47
3.5.1.1 Pengolahan Serat Bambu .....	47
3.5.1.2 Pengolahan Matriks Polyurethane .....	48
3.5.1.3 Pembuatan Cetakan.....	48
3.5.1.4 Pembuatan Komposit.....	48
3.5.1.5 Pembongkaran Spesimen.....	49
3.5.2 Proses Pengujian.....	49
3.5.2.1 Pengujian Koefisien Serap Suara.....	49
3.5.2.2 Pengujian Lentur.....	51
3.5.2.3 Pengujian SEM .....	53
3.5.2.4 Pengujian FTIR.....	55
3.5.2.5 Pengujian Densitas.....	56
3.5.2.6 Pengujian Tarik.....	57

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 SEM Komposit B-%PU .....	59
4.2 Koefisien Serap Suara Komposit B-%PU.....	61
4.3 FTIR Komposit B-%PU.....	64
4.3.1 Analisa FTIR Serat Bambu Alkalisasi.....	64
4.3.2 Analisa FTIR Isocyanate, Polyol, dan PU Murni .....	66
4.3.3 Analisa FTIR Komposit Serat Bambu .....	68
4.4 Kekuatan Lentur Komposit B-%PU .....	69
4.5 Kekuatan Tarik Komposit B-%PU .....	71
4.6 Uji Densitas Komposit B-%PU .....	73

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan ..... 77

5.2 Saran ..... 78

**DAFTAR PUSTAKA.....xxi**

**LAMPIRAN.....xxv**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Mikro Komposit .....	5
Gambar 2.2	Fibrous Composite.....	7
Gambar 2.3	Laminated Composite .....	7
Gambar 2.4	Particulate Composite .....	10
Gambar 2.5	Serat bambu betung .....	16
Gambar 2.6	Reaksi Pembentukan Polyurethane.....	18
Gambar 2.7	Metode Hand Lay up .....	20
Gambar 2.8	Gelombang Transversal .....	22
Gambar 2.9	Gelombang Longitudinal .....	24
Gambar 2.10	Pemantulan Dari Media Akustik .....	29
Gambar 2.11	Tipe Penyerapan Suara .....	32
Gambar 2.12	Penggunaan Komposit Pada Pesawat .....	34
Gambar 2.13	Gambar Dashboard Pada Mobil.....	35
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian .....	41
Gambar 3.2	Serat bambu .....	42
Gambar 3.3	Isocyanate .....	42
Gambar 3.4	Polyol.....	42
Gambar 3.5	NaOH 1 M .....	43
Gambar 3.6	Aquades .....	43
Gambar 3.7	Mesin Sieving.....	44
Gambar 3.8	Mesin Absorpsi suara .....	44
Gambar 3.9	Mesin SEM.....	45
Gambar 3.10	Mesin Bending.....	45
Gambar 3.11	Mesin FTIR.....	46
Gambar 3.12	Mesin Uji Tarik .....	46
Gambar 3.13	Metode hand lay-up .....	49
Gambar 3.14	Rangkaian alat absorpsi suara.....	50
Gambar 3.15	Dimensi spesimen absorpsi suara .....	51
Gambar 3.16	Spesimen uji absorpsi suara.....	51
Gambar 3.17	Alat uji kelenturan .....	52
Gambar 3.18	Dimensi spesimen uji lentur .....	52
Gambar 3.19	Spesimen uji lentur .....	53
Gambar 3.20	Dimensi spesimen uji morfologi .....	54

Gambar 3.21	Prinsip kerja sem .....	54
Gambar 3.22	Spesimen uji sem .....	55
Gambar 3.23	Spesimen uji FTIR.....	56
Gambar 3.24	Dimensi spesimen uji tarik .....	57
Gambar 3.25	Spesimen uji tarik .....	57
Gambar 4.1	Hasil sem pu murni dan komposit serat perbesaran 50x .....	60
Gambar 4.2	Hasil sem pu murni dan komposit serat perbesaran 250x .....	61
Gambar 4.3	Grafik nilai koefisien absorpsi suara .....	63
Gambar 4.4	Hasil uji FTIR serat bambu alkalisasi.....	65
Gambar 4.5	Hasil uji FTIR isocyanate, polyol, dan PU murni.....	67
Gambar 4.6	Hasil uji FTIR komposit serat bambu dan PU murni.....	68
Gambar 4.7	Grafik kekuatan lentur komposit B-%PU .....	70
Gambar 4.8	Grafik kekuatan Tarik komposit B-%PU.....	73
Gambar 4.9	Grafik Uji densitas komposit B-%PU.....	75



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keuntungan dan kerugian dari komposit.....	5
Tabel 2.2 Mechanical Properties Serat Bambu .....	15
Tabel 2.3 Jarak rentang frekuensi sumber bunyi .....	22
Tabel 2.4 Koefisien absorpsi material .....	27
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu .....	35
Tabel 3.1 Rancangan penelitian .....	47
Tabel 4.1 Data pengujian koefisien absorpsi suara .....	62
Tabel 4.2 Daerah serapan serat bambu.....	65
Tabel 4.3 Daerah serapan isocyanate, polyol, pu murni.....	66
Tabel 4.4 Daerah serapan komposit serat dan pu murni.....	69
Tabel 4.5 Data pengujian lentur komposit B-%PU .....	69
Tabel 4.6 Data pengujian tarik komposit B-%PU .....	72
Tabel 4.7 Data pengujian densitas komposit B-%Pu .....	74

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Dalam kehidupan sehari-hari, banyak kendaraan yang dibuat untuk mempermudah kegiatan manusia. Negara-negara produsen mobil di dunia seperti Jepang, Amerika, dan beberapa Negara di Eropa berlomba untuk membuat produk kendaraan. Hal ini bersamaan dengan ketergantungan negara-negara berkembang seperti Indonesia misalnya. Di Indonesia banyak beredar mobil buatan negara maju yang dengan mudah didapatkan oleh masyarakat menengah ke atas karena harganya yang relatif terjangkau. Tentunya kendaraan yang diproduksi dengan berbagai spesifikasi mesin, ada mesin biasa ataupun mesin diesel. Contoh sederhananya adalah mobil jip dengan kapasitas mesin yang besar dan juga bermesin diesel.

Terlalu tingginya jumlah kendaraan ini, terutama kendaraan yang menggunakan mesin diesel akan mempengaruhi aktivitas yang dilakukan manusia. Seperti polusi, kebisingan akibat suara mesin dan knalpot, dan sebagainya. Yang utama yaitu adalah kebisingan, kebisingan ini akan merupakan polusi yang akan mengganggu pendengaran seseorang, dan juga akan mengakibatkan manusia bisa mengalami stress. (Lee, 2003)

Beberapa teknologi sudah dilakukan terutama untuk mengurangi kebisingan tersebut. Seperti contohnya di dalam interior penumpang. Tentunya untuk pembuatan interior kabin ini menggunakan bahan yang dapat mengabsorpsi suara. Sebagian besar manusia hanya mengetahui bahan untuk absorpsi suara tersebut berasal dari bahan kimia, tetapi dalam penelitian bahan untuk membuat interior sebuah kendaraan ini bisa berasal dari komposit serat rami yang ramah lingkungan. Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat komposit serat alam tersebut. Menggunakan metode *hand lay-up*, *blending*, dan untuk skala besar atau skala industri menggunakan *sheet molding*



*compound*. Untuk metode *hand lay-up* dan *blending* hampir sama, perbedaannya terletak pada pencampuran antar komponen material kompositnya. *Hand lay-up* menyusun komponen material komposit per layer dan diletakkan pada cetakan sedangkan *blending* diaduk menjadi satu sehingga homogen dan dituangkan pada cetakan (Parikh, 2006).

Komponen serat juga penting, fungsi serat sendiri pengikat antara komponen komposit. Kebanyakan serat berasal dari kimiawi seperti *fiberglass*, tetapi beberapa penelitian telah menggunakan serat dari alam. Serat bambu contohnya. Tanaman bambu memiliki karakteristik yang cukup baik. Tanaman ini biodegradable atau ramah lingkungan untuk diaplikasikan dalam material komposit. Selain itu kekuatan tanaman bambu juga cukup tinggi. Lalu kekuatan lentur dan impaknya juga tinggi untuk diaplikasikan dalam interior kendaraan. Selain itu serat bambu mempunyai 2 tipe yaitu serat panjang dan serat pendek yang mana keduanya sama sama memberikan hasil maksimal untuk penguat dalam material komposit serat alam.

Oleh karena itu, berdasarkan pemaparan hal diatas penelitian kali ini menggunakan serat bambu sebagai bahan komposit dengan matriksnya yaitu *polyurethane* dan metode pembuatan kompositnya menggunakan *hand lay-up*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana pengaruh fraksi massa serat pada komposit serat bambu dengan matriks *polyurethane* terhadap nilai koefisien absorpsi suara?
2. Bagaimana pengaruh fraksi massa serat pada komposit serat bambu dengan matriks *polyurethane* terhadap morfologi struktur?
3. Bagaimana pengaruh fraksi massa serat pada komposit serat bambu dengan matriks *polyurethane* terhadap nilai kekuatan lentur?



### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Nilai koefisien absorpsi suara pada kendaraan mesin diesel dan pada sistem door panel
2. Pengotor penelitian dianggap tidak ada
3. Kadar temperatur serta gas dianggap tidak berpengaruh

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menganalisa nilai koefisien absorpsi suara terbaik dengan pada komposit serat bambu dengan matriks *polyurethane*
2. Menganalisa hasil morfologi struktur pada komposit serat bambu dengan matriks *polyurethane*
3. Menganalisa nilai kekuatan lentur dengan komposit serat bambu dengan matriks *polyurethane*

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menciptakan produk komposit baru dengan menggunakan serat bambu dengan matriks *polyurethane* untuk bahan dasar material penyerap suara
2. Memanfaatkan bahan organik yang ada dan memberikan nilai guna yang lebih
3. Memberikan pengetahuan mengenai sifat mekanik dan proses manufaktur atau pembuatan komposit serat bambu dengan matriks *polyurethane* polimer sebagai petunjuk proses produksi material komposit untuk interior suatu kendaraan



4. Memberikan alternatif material di masa yang akan datang dengan memanfaatkan sumber daya alam di sekitar kita.

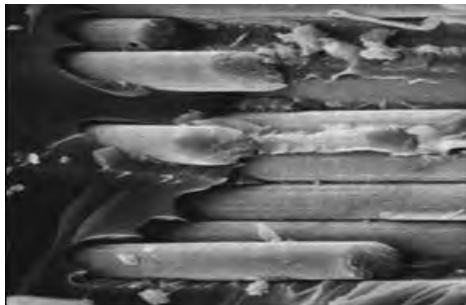


## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Material Komposit**

Komposit adalah suatu material yang terdiri dari dua komponen atau lebih yang memiliki sifat atau struktur yang berbeda yang dicampur secara fisik menjadi satu membentuk ikatan mekanik yang dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik. Material campuran tersebut menghasilkan material yang baru yang memiliki sifat unggul dari material pembentuknya. Dengan penggabungan dua atau lebih material yang berbeda maka dapat diperbaiki dan dikembangkan sifat sifat mekanik dan fisik dari material tersebut.



Gambar 2.1 Struktur mikro komposit

Material komposit memiliki banyak keuntungan dan kerugian, yaitu:

Tabel 2.1. Keuntungan dan kerugian dari komposit

Keuntungan	Kerugian
Berat Berkurang	Tidak efisien biaya dan waktu untuk fabrikasi





Kekuatan dan kekakuan dapat beradaptasi tergantung pembebanan	Sifat bidang bidang akan melemah
Biaya manufaktur rendah	Kelemahan matriks, kekerasan rendah
Konduktivitas listrik atau thermal dapat meningkat atau menurun	Matriks akan mengakibatkan degradasi lingkungan
Tahan terhadap korosi	Sulit dalam mengikat
Kehilangan sebagian sifat dasar material	Analisa sifat mekanik dan fisik sulit dilakukan

## 2.2 Klasifikasi Material Komposit

Pada umumnya komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. *Penguat (reinforcement)*, yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih *rigid* serta lebih kuat.
2. *Matriks*, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu:

1. ***Fibrous composite***, yaitu komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapis dan berpenguat *fiber*. Kayu adalah komposit alam yang terdiri dari serat *hemiselulosa* dalam matriks *lignin*. *Fiber* yang digunakan untuk menguatkan matriks dapat pendek, panjang, atau kontinyu. Berdasarkan jenis seratnya dibedakan atas:

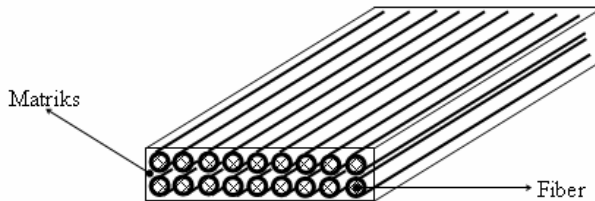
- a. Serat Kontinyu

Dengan orientasi serat yang bermacam-macam antara lain arah serat satu arah (unidireksional), dua arah (biaksial), tiga arah (triaksial).



b. Serat diskontinyu

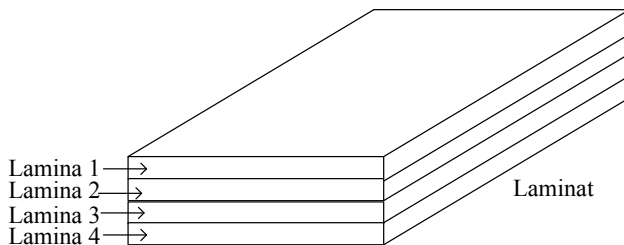
Serat menyebar dengan acak sehingga sifat mekaniknya tidak terlalu baik jika dibandingkan dengan serat kontinyu.



**Gambar 2.2. Fibrous composites**

(Sumber: Sulistijono, 2012)

2. **Laminated composite**, yaitu komposit yang berlapis-lapis, paling sedikit terdiri dari dua lapis yang digabung menjadi satu, dimana setiap lapisan pembentuk memiliki karakteristik sifat tersendiri. Terdiri dari berbagai arah serat. *Plywood*, yang terdiri dari *layer* alternatif berupa kayu mengandung lem dengan *layer* serat kayu yang tegak lurus *layer* terdekat.



**Gambar 2.3. Laminated composites**

(Sumber: Sulistijono, 2012)

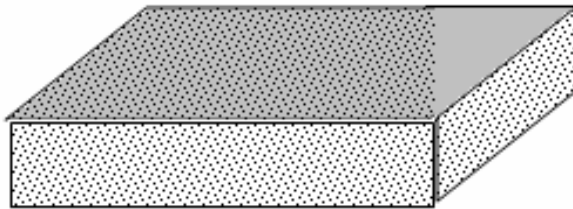


Berikut adalah klasifikasi dari komposit laminat :

1. *Laminat Serat*, adalah komposit laminat dengan lapisan lapisan yang terbuat dari lamina mariks polimer berpenguat serat, atau matriks logam berpenguat serat. Komposit ini sangat murah dan efisien sehingga banyak digunakan pada alat alat kebutuhan sehari hari seperti meja, kursi dll.
2. *Laminat Bimetals*, adalah komposit dengan dua material logam yang umumnya memiliki perbedaan koefisien perpindahan panas. Komposit ini diaplikasikan pada beberapa peralatan elektronik sebagai pemutus arus. Sering kali juga dipakai untuk pengendali panas pada suatu sistem
3. *Laminat Clad Metals*, adalah penggabungan atau penanaman material satu pada material lain untuk mendapatkan sifat terbaik dari masing-masing material. Komposit ini sering digunakan pada industri kimia dimana komponen baja diketahui memiliki kekuatan yang bagus, tetapi tidak tahan terhadap korosi cairan kimia, sehingga komponen baja tersebut dilapisi dengan logam lain seperti stainless steel atau titanium untuk menghindari korosi pada struktur komponen baja
4. *Laminat Cermet*, adalah beberapa tumpukan lamina yan terdiri dari lapisan lembar logam tipis yang dilapisi dengan layer cermet (ceramik metal) dengan cara disembur busur plasma (busur api) yang berisi partikel keramik dan partikel logam. Selain itu laminat ini bisa juga berupa lapisan keramik yang ditempelkan pada substrat logam. Aplikasi teknik dari komposit ini adalah pada ruang bakar (combustion chamber) dan sudu turbin gas atau turbin uap



5. *Laminat Kaca*, Komposit ini merupakan penggabungan kaca dengan kawat mesh yang ditanam didalam kaca, sehingga diperoleh pelat kaca tembus pandang yang anti pecah karena diperkuat dengan kawat logam. Laminat kaca juga dipakai pada tangki yang harus kuat menahan beban isinya, tetapi tangki tersebut tidak tahan terhadap korosi cairan isinya, sehingga tangki tersebut dilapisi kaca pada sisi dalamnya.
  6. *Laminat Sarang Madu Tawon*, komposit laminat ini dikenal dengan honeycombcore laminates sandwich dimana tersusun atas inti (core) yang terbuat dari struktur sarang tawon yang diapit oleh dua lapisan/lembar/lamina pada sisi atas dan bawah. Komposit ini memiliki keunggulan murah tetapi kekakuan (stiffness) nya tinggi atau rasio stiffness terhadap massa komposit yang tinggi.
  7. *Laminat Glare*, Glass Reinforced Epoxy Laminate Aluminium adalah komposit yang terdiri dari lapisan sangat tipis beberapa logam biasanya aluminium, dan lamina serat kaca prepreg unidireksional secara berseling yang satu sama lain direkatkan oleh epoksi. Komposit laminat glare memiliki keunggulan antara lain, rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, ketahanan korosi tinggi dan ketahanan api tinggi. Struktur yang dirancang menggunakan glare akan secara signifikan lebih ringan, lebih tahan dan menjadi pilihan yang lebih murah dan lebih aman secara keseluruhan.
3. ***Particulate composite***, yaitu komposit dengan penguat berupa partikel/serbuk yang tersebar pada semua luasan dan segala arah dari komposit.



**Gambar 2.4. Particulate composites**

(Sumber: Sulistijono, 2012)

Di bawah ini dibedakan lagi beberapa macam komposit partikel :

1. MMC (metal matrix composites) → Metal Matriks Composite adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah Continuous Filamen MMC yang digunakan dalam industri penerbangan
2. PMC (polymer matrix composites) → Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaan polimer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan adalah polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyethylene (PE), dan lain-lain
3. CERMET (ceramic metal) → CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari



keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah; oksida, carbide, nitride.

### 2.3 Serat/Fiber

Serat terdiri dari ratusan bahkan ribuan filamen, masing-masing filament memiliki diameter 5 sampai 15  $\mu\text{m}$ , sehingga dapat diproses lebih lanjut (Gay, 2015). Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu,

1. Serat pendek, dengan panjang fraksi dalam milimeter atau beberapa centimeter. Contohnya *felts*, *mats*, dan serat pendek untuk *injection molding*.
2. Serat panjang, dipotong selama proses fabrikasi material komposit, biasanya berupa anyaman (*woven*).

Ditinjau dari pembuatannya, serat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu serat sintetis dan serat alami. Kedua jenis serat itu digunakan sebagai penguat atau pengisi pada material komposit. Serat sintetis banyak berperan sebagai penguat, sedangkan serat alami digunakan sebagai pengisi.

Serat alami merupakan serat yang terbuat dari bahan-bahan alami seperti aren, serabut kelapa, pelepah pisang, serat pohon, residu kayu, dan lain-lain. Penggunaan serat alami bukanlah memberikan efek penguatan, tetapi hanya penambah massa dari material komposit sehingga mempunyai kekuatan dan kekakuan yang rendah bahkan menurunkan kekuatan dan kekakuan matriks sebelumnya (Sulistijono, 2012).

### 2.4 Matriks

Matriks merupakan fasa yang memberikan bentuk pada struktur komposit dengan cara mengikat penguat atau serat bersama-sama. Matriks merupakan konstituen penyusun komposit yang berperan sebagai pengikat atau penyangga yang menjaga kedudukan antar fasa penguat. Karakteristik yang harus dimiliki matriks umunya adalah ulet, kekuatan dan rigiditas rendah apabila dibandingkan penguat. Matriks harus mampu membeku pada



temperatur dan tekanan yang wajar. Bahan matrik yang umum digunakan pada komposit adalah matriks logam, matriks polimer, dan matriks keramik.

Komposit matriks polimer (*Polymer Matrix Composite*) merupakan komposit dengan matriks berupa polimer seperti epoksi, poliester, urethane, diberi penguat berupa serat dengan diameter yang kecil seperti grafit, aramid, dan boron. Contohnya, komposit grafit/epoksi memiliki kekuatan lima kali lebih tinggi apabila dibandingkan dengan baja pada berat yang sama. Hal ini menjadi alasan penggunaan komposit matriks polimer yang luas, karena harga murah, kekuatan tinggi, dan proses manufaktur yang relatif sederhana.

Komposit matriks logam (*Metal Matrix Composite*) merupakan komposit dengan matriks berupa logam, seperti contoh aluminium, magnesium, dan titanium. Logam digunakan untuk meningkatkan atau menurunkan sifat untuk kebutuhan desain. Contohnya, kekakuan dan kekuatan logam dapat meningkat dan koefisien termal yang tinggi dan konduktivitas listrik dan panas dapat berkurang, dengan penambahan serat tertentu, misalnya *silikon karbida*. Kelebihan komposit matriks logam adalah memiliki spesifik kekuatan dan modulus yang lebih tinggi dengan menguatkan logam yang densitasnya rendah dan koefisien muai panas yang rendah. Apabila dibandingkan dengan Komposit matriks polimer, kelebihanannya adalah sifat elastis yang lebih tinggi, temperatur kerja yang lebih tinggi, tidak sensitif pada uap, konduktivitas listrik dan termal yang lebih tinggi, ketahanan gesekan, lelah, dan cacat yang lebih baik. (Sulistijono, 2012).

Komposit matriks keramik (*Ceramic Matrix Composite*) merupakan komposit yang menggunakan matriks keramik seperti alumina, alumina silikat, dan lain-lain. Kelebihanannya adalah memiliki kekuatan, kekerasan yang tinggi, tahan pada reaksi kimia, dan densitas yang rendah. Kombinasi serat dan matriks



keramik menghasilkan sifat mekanik yang tinggi dan kemampuan temperatur kerja yang ekstrim (Kaw, 2006).

## 2.5 Hukum Pencampuran

Sifat-sifat komposit pada umumnya ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain : jenis, bentuk geometris dan struktur, rasio perbandingan, daya lekat, orientasi bahan penguat bahan penyusun, dan proses pembuatan (Sulistijono, 2012)

Total massa dari komposit ialah jumlah dari massa fiber dan matriks, dituliskan dengan persamaan :

$$m_c = m_m + m_f$$

$$\rho_c \cdot V_c = \rho_m \cdot V_m + \rho_f \cdot V_f$$

sehingga didapatkan massa jenis dari komposit :

$$\rho_c = (\rho_m \cdot V_m + \rho_f \cdot V_f) / V_c$$

apabila di rubah kedalam fraksi massa persamaannya menjadi :

$$\rho_c = 1 / ( m_f / \rho_f + m_m / \rho_m )$$

selain itu, untuk mempermudah perhitungan dari fraksi volum ataupun fraksi beratnya dapat dituliskan dengan persamaan :

$$M_f + M_m = 1$$

$$V_f + V_m + V_v = 1$$

Dimana :

$m_c$  : massa komposit (gr)





$\rho_c$	: massa jenis komposit ( $\text{gr/cm}^3$ )
$v_c$	: volume komposit ( $\text{cm}^3$ )
$m_f$	: massa fiber (gr)
$\rho_f$	: massa jenis fiber ( $\text{gr/cm}^3$ )
$v_f$	: volume fiber ( $\text{cm}^3$ )
$m_m$	: massa matriks (gr)
$\rho_m$	: massa jenis matriks ( $\text{gr/cm}^3$ )
$v_m$	: volume matriks ( $\text{cm}^3$ )
$M_f$	: fraksi massa fiber
$M_m$	: fraksi massa matriks
$V_f$	: fraksi massa fiber
$V_m$	: fraksi massa matriks
$V_v$	: fraksi massa void

## 2.6 Serat Bambu

Serat merupakan komponen penting dalam komposit yaitu berfungsi sebagai penguat dalam komposit. Banyak penelitian mengenai tanaman bambu untuk digunakan dalam material komposit. Bambu merupakan bahan yang *orthotropic* atau mempunyai dua jaringan memutar atau *axial* di dalam lapisannya. Bambu ini juga memiliki kekuatan yang tinggi dengan jaringan *axial* dan *transversal* mengarah ke bawah. Struktur bambu sendiri yaitu terdiri dari selulosa panjang dan sejajar dengan seratnya. Serat ini akan bercampur dengan lignin di dalam matriksnya.

Garis tengah bambu 80-130 mm, panjang batang 10-20 m. Bambu memiliki serat yang panjang yaitu 4,69 mm. Serat yang panjang ini akan membantu terbentuknya jalinan ikatan antar serat yang lebih baik sehingga memiliki kekuatan yang tinggi dan tidak mudah ditembus oleh cahaya (Widya dan Euis, 2008; Haygreen dan Bowyer, 1996). Tebal dinding serat dari bambu tipis yaitu 0,009 mm akan memudahkan serat untuk melembek dan menjadi pipih sehingga memberikan permukaan yang luas bagi terjadinya ikatan antar serat, akibatnya kekuatan

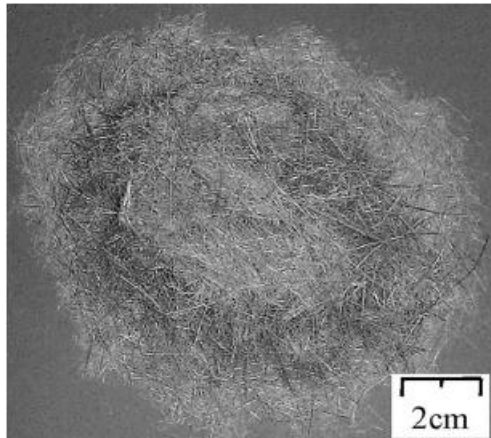


tariknya tinggi (Casey 1980 *dalam* Fatriasari 2001; Widya dan Euis, 2008).

Kadar holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) pada Bambu juga tinggi yaitu 83,8%. Selulosa yang tinggi mengindikasikan serat yang kuat, warna pulp lebih putih, relatif tahan terhadap bahan kimia dalam pemisahan dan pemurniannya serta tidak larut dalam pelarut organik netral dan air (Casey 1980 *dalam* Wardoyo 2001). Hemiselulosa yang tinggi menyebabkan serat bersifat lebih fleksibel yang penting dalam proses penggilingan, seratnya lebih mengambang dan plastis karena daya serap airnya tinggi. Serat yang plastis menyebabkan luas permukaan yang tinggi pada waktu pembentukan pulp. (Widya dan Euis, 2008).

Tabel 2.2 Mekanical Properties Serat Bambu

Properties	Values
Tensile Strength (Mpa)	140-230
Young's Modulus (Gpa)	11-17
Elongation at Break (%)	$\pm 2$
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	0.6-1.1



**Gambar 2.5** Serat bambu dengan ukuran 2cm

## 2.7 Polyurethane

*Polyurethane* merupakan *polymeric* material yang mengandung *urethane* grup ( $-\text{NH}-\text{CO}-\text{O}-$ ) hasil reaksi dari *polyol* dengan *isocyanate*. Poliuretan dapat berupa serat yang mudah lengket. Suatu contoh Poliuretan yang amat sangat berpengaruh adalah *spandex*. *Polyurethane* dihasilkan dari reaksi *diisocyanates* dengan *di-alcohols*. Terkadang *di-alcohol* digantikan dengan suatu *diamin*, sehingga polimer yang didapat nantinya disebut *polyurea* yang memiliki suatu ikatan urea. Akan tetapi, pada umumnya sering disebut *polyurethane* juga (karena *polyurea* tidak begitu terkenal). *Polyurethane* dapat berikatan dengan baik dengan *hidrogen* sehingga dapat membentuk suatu kristal.

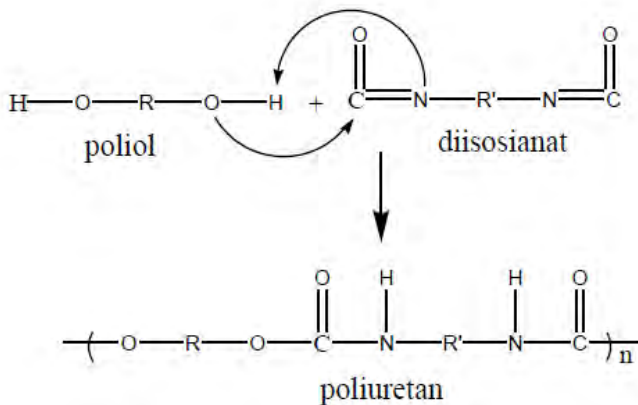
Oleh karena itu, *polyurethane* sering digunakan untuk *co-polymer* blok buatan dengan sifat elastis yang lembut khas polimer. *Co-Polymer* blok ini memiliki sifat termo-plastik *elastomers* (Anonim, 2007). Komponen utama yang penting dari suatu *polyurethane* adalah *isocyanate* yang molekulnya berisi dua *isocyanate* (*diisocyanates*). Molekul ini juga dikenal sebagai *monomers* atau monomer unit. *Isocyanates* dapat berbau harum,



seperti *diphenylmethane diisocyanate* (MDI) atau *toluene diisocyanat* (TDI); atau alifatik, seperti *hexamethylene diisocyanate* (HDI) atau *isophorone diisocyanate* (IPDI).

Komponen kedua yang juga tak kalah penting dari suatu *polyurethane polymer* adalah *polyol* (Molekul yang berisi dua kelompok hidroksit atau *diols*, memiliki 3 kelompok hidroksit atau *triols*). Dalam prakteknya, *polyols* dibedakan 36 dari rantai yang pendek (*low-molecular*) seperti *ethylene glycol*, 1,4-*butanediol* (BDO), *diethylene glycol* (DEG), *gliserin*, dan *trimethylol* sejenis metana (TMP). Sampai saat ini *polyurethane* telah banyak diaplikasikan untuk mengganti bahan-bahan seperti *rubber*, *metal*, *wood* dan *plastic*.

*Polyurethane* dibuat dengan mereaksikan molekul yang memiliki gugus isosianat dengan molekul yang memiliki gugus hidroksil. Dengan demikian, jenis dan ukuran setiap molekul pembentuk akan memberikan sumbangan terhadap sifat *polyurethane* yang terbentuk. Hal inilah yang membuat *polyurethane* menjadi polimer yang sangat fleksibel baik dalam sifat mekanik maupun aplikasinya. Saat ini, aplikasi *polyurethane* paling banyak (sekitar 70%) adalah sebagai bahan busa, kemudian diikuti dengan *elastomer*, baru kemudian sebagai lem dan pelapis. Pembuatan busa dari *polyurethane* dimungkinkan dengan menggunakan agen pengembang (*blowing agent*), yang akan menghasilkan gas pada saat terjadi reaksi sehingga *polyurethane* dapat membentuk busa. Jika *polyurethane* yang digunakan bersifat lunak, maka yang dihasilkan adalah busa lunak seperti pada kasur busa, alas kursi dan jok mobil. Ada juga jenis busa kaku (*rigid foam*), seperti pada insulasi dinding, insulasi lemari es, atau insulasi kedap suara. Busa *polyurethane* bersifat ulet dan tidak mudah putus. Dalam aplikasi sebagai insulasi dinding, *polyurethane* juga dapat dibuat menjadi tahan api dengan penambahan senyawa halogen.



**Gambar 2.6 Ikatan uretan dan reaksi pembentukan polyurethane**

(Sumber : repository.usu.ac.id)

Keunggulan *polyurethane* dibandingkan dengan bahan-bahan lainnya (*rubber, metal, wood dan plastic*):

1. Tingkat kekerasan suatu *spare part* sangat penting dalam penggunaan suatu mesin. Dengan menggunakan bahan *polyurethane* kekerasan suatu *spare part* dapat diatur sedemikian rupa dari *hardness 10 shore A* sampai dengan *95 shore A*.
2. Mempunyai tingkat abrasi yang tinggi yang mengakibatkan *spare part* yang terbuat dari bahan *polyurethane* tidak mudah aus.
3. *Spare part* yang terbuat dari bahan *polyurethane* dapat *flexible* terhadap temperature rendah (*low temperature*), bahan dapat dioperasikan sampai dengan dibawah  $0^{\circ}\text{C}$ .
4. *Spare part* yang terbuat dari bahan *polyurethane* tidak mudah sobek, kekuatannya lebih baik dari bahan *rubber*. Pemakaian *polyurethane* di Indonesia sebagai bahan pendukung industry masih sangat tergantung pada impor,



walaupun beberapa industri sudah mulai mencoba memproduksi *polyurethane* di dalam negeri. Banyaknya pabrik kertas, furnitur, industri otomotif dan industri alas kaki di Indonesia membuat prospek usaha di bidang *polyurethane* di masa depan cukup menjanjikan, asalkan kita mau tekun mendalami teknik pembuatan dan pencetakannya.

## 2.8 Interface

Interface dapat didefinisikan sebagai permukaan batas antara matrik dan penguat atau serat. Perilaku suatu komposit merupakan kombinasi dari penyusunnya, yakni serat atau penguat, matrik dan interface antara serat dan matrik. Interface menentukan seberapa baik matrik mentransfer beban ke serat. Reaksi kimia, reaksi mekanik dan ikatan terdapat pada interface. Lemahnya interface dapat menyebabkan kerusakan pada komposit dan menurunkan pengaruh sifat matrik. Lemahnya interface dapat disebabkan karena adanya gas panas dan lembab antara serat. Dalam komposit berpenguat serat, interface yang dibutuhkan adalah interface dengan ikatan yang kuat (Autar K. Kaw, 2006).

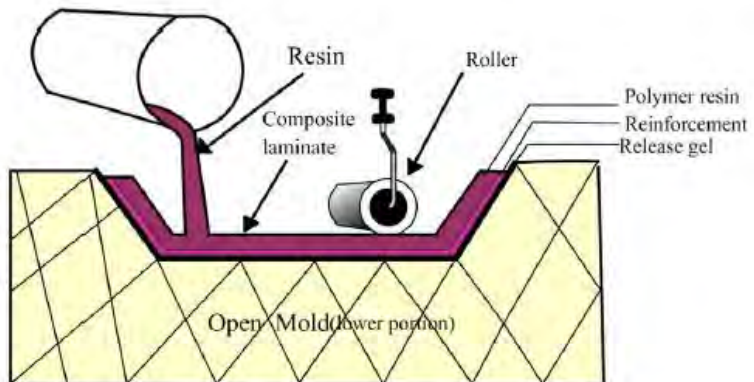
## 2.9 Hand Lay-up Process

Hand lay-up merupakan proses pembuatan komposit yang paling sederhana. Langkah pertama yaitu menuangkan gel berbentuk polymer kedalam cetakan yang sudah disiapkan. Sebelumnya ditambahkan aluminium foil untuk menghasilkan komposit yang bagus. Lalu masukkan reinforcement yang sudah ditentukan. Lalu thermosetting polymer akan bercampur dengan senyawa yang lain termasuk reinforcement di dalam cetakan. Lalu diratakan menggunakan kuas dan ditumpuk berulang dengan parameter layer yang sudah ditentukan dan parameter *curing* (bercampurnya) matriks dengan reinforcement nya. Lalu setelah bercampur, cetakan dan kompositnya bisa ditempatkan pada temperature kamar, dan setelah itu bisa dikeluarkan dari cetakan.



Waktu bercampur tergantung dari tipe matriks atau polymer yang digunakan. Thermosetting polymer biasanya membutuhkan waktu antara 24-48 jam untuk bercampur dan 12 jam untuk menjadi keras. Di bawah ini adalah gambar skema untuk metode hand lay-up dalam pembuatan komposit.

Hand Lay-Up



**Gambar 2.7 Metode Hand lay up**

(Sumber : ET VTS Journal Composite Manufacturing 2011)

## 2.10 Gelombang dan Bunyi

### 2.10.1 Gelombang

Gelombang dapat didefinisikan sebagai getaran yang merambat melalui medium yang dapat berupa zat padat, cair, dan gas. Gelombang terjadi karena adanya sumber getaran yang bergerak terus-menerus. Medium pada proses perambatan gelombang tidak selalu ikut berpindah tempat bersama dengan rambatan gelombang. Misalnya bunyi yang merambat melalui medium udara, maka partikel-partikel udara akan bergerak osilasi (lokal) saja.



Gelombang berdasarkan medium perambatannya dapat dikategorikan menjadi :

- Gelombang mekanik:

Gelombang mekanik terdiri dari partikel-partikel yang bergetar, dalam perambatannya memerlukan medium.

Contohnya gelombang bunyi, gelombang pada air, gelombang tali.

- Gelombang elektromagnetik:

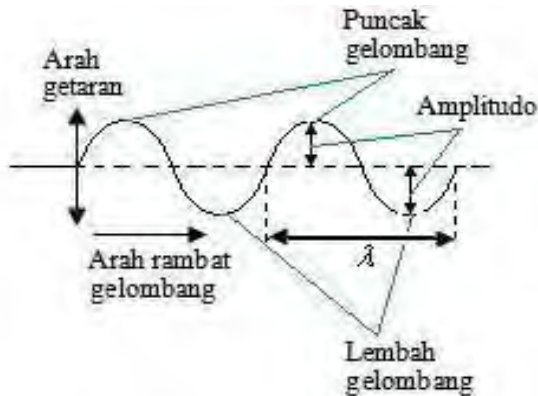
Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan dari perubahan medan magnet dan medan listrik secara berurutan, arah getar vektor medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus. Perambatan gelombang ini tidak memerlukan medium dan bergerak mendekati kelajuan cahaya. Contohnya sinar gamma ( $\gamma$ ), sinar X, sinar ultra violet, cahaya tampak, infra merah, gelombang radar, gelombang TV, gelombang radio.

Berdasarkan arah getar dan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

- Gelombang transversal

Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatannya tegak lurus terhadap arah getarnya, contohnya gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang cahaya.





Gambar 2.8 Gelombang transversal

Keterangan :

$\lambda$  = panjang gelombang ( m )

Amplitudo : simpangan maksimum dari titik seimbang.

Jarak yang ditempuh oleh suatu gelombang per detik disebut cepat rambat gelombang. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan  $v$  dan satuannya m/s. Frekuensi ( $f$ ) adalah banyaknya gelombang yang melewati satu titik tiap satuan waktu, satuannya 1/sekon. Periode ( $T$ ) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melewati suatu titik, satuannya sekon. Sedangkan frekuensi sendiri berhubungan dengan tinggi atau rendahnya suara, dan amplitudo berhubungan dengan keras atau tidaknya suara. Hubungan antara  $v$ ,  $\lambda$ ,  $T$ , dan  $f$  ialah :



$$f = 1/T$$
$$\lambda = v \times T$$
$$\lambda = v/f$$
$$v = \lambda \times f$$

Jangkauan pendengaran telinga manusia dapat mendengar frekuensi 20 Hz sampai 20000 Hz.

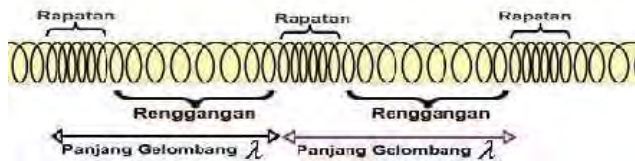
Tabel 2.3 Jarak rentang frekuensi sumber bunyi

Sumber Bunyi	Rentang Frekuensi (Hz)
Manusia	85-5000
Piano	30-4100
Pitch Music Standart	440
Terompet	190-990
Drum	95-180
Mobil	15-30000
Mesin Jet	5-50000

(sumber: repository.usu.ac.id.2008)

o Gelombang longitudinal.

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah merambatnya searah dengan arah getarnya, contohnya gelombang bunyi dan gelombang pada pegas. Gelombang ini terdiri dari rapatan dan regangan. Rapatan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan mendekat selama sesaat. Regangan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan menjauh selama sesaat. Rapatan dan regangan berhubungan dengan puncak dan lembah pada gelombang transversal.



Gambar 2.9 Gelombang longitudinal  
(sumber : repository.usu.ac.id.2008)

### 2.10.2 Bunyi

Bruel dan Kjaer (1986) mendefinisikan bahwa bunyi identik dengan pergerakan gelombang di udara yang terjadi bila sumber bunyi mengubah partikel terdekat dari posisi diam menjadi partikel yang bergerak. Bunyi merupakan hasil getaran dari partikel-partikel yang berada di udara (Sound Research Laboratories Ltd, 1976) dan energi yang terkandung dalam bunyi dapat meningkat secara cepat dan dapat menempuh jarak yang sangat jauh (Egan, 1972).

Doelle (1972) menyatakan bahwa bunyi mempunyai dua definisi, yaitu:

- Secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara. Definisi ini dikenal sebagai bunyi *Obyektif*.
- Secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis yang digambarkan pada bagian atas. Hal ini disebut sebagai bunyi *subyektif*.

Secara harafiah, bunyi dapat diartikan sebagai sesuatu yang kita dengar. Bunyi adalah suatu bentuk gelombang longitudinal yang merambat secara perapatan dan perenggangan terbentuk oleh partikel zat perantara serta ditimbulkan oleh sumber bunyi yang mengalami getaran.

Gelombang bunyi adalah gelombang yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas. Medium



gelombang bunyi ini adalah molekul yang membentuk bahan medium mekanik ini (Sutrisno, 1988). Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi/getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1992).

Apabila gelombang bunyi mencapai batas maka gelombang bunyi tersebut akan terbagi dua yaitu sebagian energi ditransmisikan/diteruskan dan sebagian lagi diredifleksikan/dipantulkan. (Giancoli, 1998).

Pada umumnya hewan menggunakan gelombang bunyi/suara untuk memperoleh perubahan informasi dan untuk mendeteksi lokasi dari suatu objek. Misalnya ikan lumba-lumba, kelelawar, menggunakan gelombang bunyi untuk menentukan lokasi makanan, apabila cahaya tidak cukup untuk pengamatan (Ackerman, 1988).

Syarat terdengarnya bunyi ada tiga macam yaitu ada sumber bunyi, ada medium (udara), dan ada penerima/pendengar.

## 2.11 Material Akustik

Kata akustik berasal dari bahasa Yunani yaitu *akoustikos*, yang artinya segala sesuatu yang bersangkutan dengan pendengaran pada suatu kondisi ruang yang dapat mempengaruhi mutu bunyi. Sifat akustik kayu berhubungan dengan produksi bunyi yang diakibatkan oleh benturan langsung, dan bunyi yang dihasilkan oleh sumber lain yang dipancarkan melalui udara dan mempengaruhi kayu dalam bentuk gelombang bunyi.

Fenomena suara yang terjadi akibat adanya berkas suara yang bertemu atau menumbuk bidang permukaan bahan, maka suara tersebut akan dipantulkan (*reflected*), diserap (*absorb*), dan diteruskan (*transmitted*) (Ruijgrok, 1993).



Medium gelombang bunyi dapat berupa zat padat, cair, ataupun gas. Frekuensi gelombang bunyi dapat diterima manusia berkisar antara 20 Hz sampai dengan 20 kHz, atau dinamakan sebagai jangkauan yang dapat didengar (*audible range*) (Young dan Freedman, 2003).

Menurut (Lewis dan Douglas, 1993) material akustik dapat dibagi kedalam tiga kategori dasar, yaitu: (1) material penyerap (*absorbing material*), (2) material penghalang (*barrier material*), (3) material peredam (*damping material*).

Material penghalang yang efektif mempunyai sifat dasar umum yaitu massanya padat. Kebanyakan material penghalang yang efektif juga mempunyai derajat redaman internal yang tinggi, yang secara kualitatif dinyatakan dengan nilai kelemasan. Material peredam biasanya adalah lapisan plastik polimer, logam, epoksi, atau lem yang relatif tipis yang dapat digunakan untuk melapisi suatu benda.

Parameter yang digunakan untuk menjelaskan isolasi atau kemampuan menghentikan bunyi adalah koefisien transmisi  $\tau$ . Koefisien transmisi didefinisikan sebagai perbandingan daya bunyi yang ditransmisikan melalui suatu material terhadap daya bunyi yang datang.

Semakin kecil nilai transmisinya, maka semakin bagus sifat isolasinya. Pada umumnya material penyerap secara alami bersifat resistif, berserat (*fibrous*), berpori (*porous*) atau dalam kasus khusus bersifat resonator aktif.

Ketika gelombang bunyi menumbuk material penyerap, maka energi bunyi sebagian akan diserap dan diubah menjadi panas. Besarnya penyerapan bunyi pada material penyerap dinyatakan dengan koefisien serapan ( $\alpha$ ). Koefisien serapan ( $\alpha$ ) dinyatakan dalam bilangan antara 0 dan 1.

Nilai koefisien serapan 0 menyatakan tidak ada energi bunyi yang diserap dan nilai koefisien serapan 1 menyatakan serapan yang sempurna (Mediastika, 2009).



Bunyi yang dihasilkan mempunyai nada rendah atau tinggi bergantung pada frekuensi dan dipengaruhi oleh dimensi, kerapatan, dan elastisitas bunyi yang dihasilkan dari nada yang lebih tinggi. Ketika gelombang bunyi yang dihasilkan oleh sumber lain yang menjangkau kayu, sebagian dari energy akustiknya dipantulkan dan sebagian masuk ke dalam kayu. Suara atau bunyi biasanya merambat melalui udara, suara atau bunyi tidak dapat merambat melalui ruang hampa (Tsoumis, 1991).

## 2.12 Koefisien Serap Bunyi

Penyerap jenis berserat adalah penyerap yang paling banyak dijumpai, sebagai contoh jenis selimut mineral *wool (rockwool atau glasswool)*. Penyerap jenis ini mampu menyerap bunyi dalam jangkauan frekuensi yang lebar dan lebih disukai karena tidak mudah terbakar. Namun kelemahannya terletak pada model permukaan yang berserat sehingga harus digunakan dengan hati-hati agar lapisan serat tidak rusak/cacat dan kemungkinan terlepasnya serat-serat halus ke udara karena usia pemakaian. Penyerap dari bahan berserat dipasarkan dari berbagai ketebalan dan kerapatan sehingga yang paling sesuai dengan frekuensi bunyi yang hendak diserap. Sebagai gambaran umum untuk menyerap bunyi frekuensi rendah diperlukan penyerap berserat dalam ketebalan yang lebih bila dibandingkan dengan untuk menyerap suara berfrekuensi tinggi. Jadi ketika ada gelombang datang dengan frekuensi tinggi maka ketika terserap maka gelombang suara yang keluar menjadi rendah, karena sebagian sudah terserap oleh material absorpsi suara (Mediastika, 2009).

Untuk nilai koefisien penyerapan bunyi pada berbagai material dengan ketebalan tertentu dapat dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini



Tabel 2.4 Koefisien absorpsi beberapa material

Material	Frekwensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
<i>Gypsum board</i> (13 mm)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Gelas	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
<i>Tegel geocoustic</i> (81 mm)	0.13	0.74	2.35	2.53	2.03	1.73
Beton yang dituang	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Bata tidak ditaluskan	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
<i>Steel deck</i> (150 mm)	0.58	0.64	0.71	0.63	0.47	0.40

Sumber : Doelle, Leslie L, 1993.

Proses pemindahan daya bunyi dari suatu ruang tertentu, dalam mengurangi tingkat tekanan bunyi dalam volume tertentu, dikenal sebagai penyerapan bunyi. Proses ini berkaitan dengan penurunan jumlah energi bunyi dari udara yang menjalar hingga ia mengenai suatu media berpori atau fleksibel. Bagian energi terserap ketika gelombang bunyi dipantulkan darinya disebut dengan koefisien serapan bunyi dari material.

Bila suatu gelombang bunyi datang bertemu pada suatu permukaan batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang berbeda (seperti gambar 2.9), maka gelombang bunyi tersebut akan dipantulkan ( $R$ ) dan diserap/ditransmisikan ( $\alpha$ ) dan kemungkinan yang terjadi adalah :

1. Dipantulkan semua ( $R = 1$ ), artinya ketika gelombang bunyi datang dan dipantulkan kembali maka nilai efisiensi  $R = 1$  atau koefisien pantul ( $R$ ) adalah 1.
2. Ditransmisikan/diserap semua ( $\alpha = 1$ ), artinya jika gelombang bunyi datang dan gelombang tersebut diserap semua maka nilai efisiensi  $\alpha = 1$  atau koefisien serap ( $\alpha$ ) adalah 1.

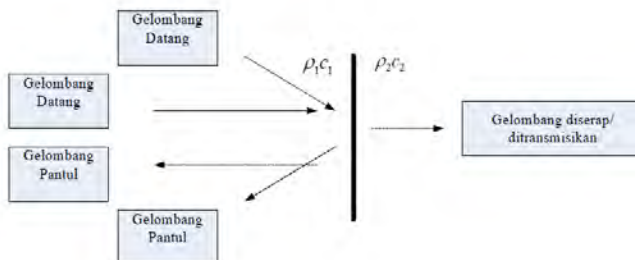


3. Sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan/diserap ( $0 < \alpha < 1$ ).

Jika pada suatu media akustik terdapat dua material dengan sifat impedansi  $\rho_1 c_1$  dan  $\rho_2 c_2$  seperti pada gambar 2.8, dimana  $\rho$  adalah massa jenis material dan  $c$  adalah cepat rambat bunyi. Gelombang datang dari arah kiri merambat tegak lurus terhadap permukaan bahan. Jika  $\rho_1 c_1$  lebih kecil dari  $\rho_2 c_2$  kemudian energi dari gelombang datang tidak dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi yang tersisa akan menjadi gelombang pantul. Sedangkan jika  $\rho_1 c_1$  lebih besar dari  $\rho_2 c_2$  dan energi dari gelombang datang dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi akan menjadi gelombang yang diserap. Jika  $\rho_1 c_1$  sama besar dengan  $\rho_2 c_2$  dan energy yang ada yang dapat ditransmisikan dan ada juga yang tidak dapat ditransmisikan maka sebagian akan menjadi gelombang pantul dan sebagian lagi akan menjadi gelombang yang diserap.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1.  $\rho_1 c_1 > \rho_2 c_2$  akan dipantulkan
2.  $\rho_1 c_1 < \rho_2 c_2$  akan diserap
3.  $\rho_1 c_1 = \rho_2 c_2$  akan diserap dan dipantulkan



**Gambar 2.10** Pemantulan dan penyerapan bunyi dari media akustik





Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien absorpsi ( $\alpha$ ). Harga koefisien ini bergantung dari sifat material, frekuensi bunyi, dan sudut gelombang bunyi ketika mengenai permukaan material tersebut. Secara matematis dapat ditulis seperti rumus berikut :

$$\alpha = \text{Absorbed Sound Energy} / \text{Incident Sound Energy}$$

$$\alpha = 1 - [R]^2 = 1 - [Z_2 - \rho_1 c_1 / \rho_1 c_1 + Z_2]^2$$

dimana :

$$Z_2 = \rho_2 c_2 = \text{Applied force} / \text{Particle Velocity}$$

= Impedansi pada bahan ( kg/m<sup>2</sup> s = rayls )

$$\rho_1 = \text{Kerapatan udara ( kg/m}^3 \text{ )}$$

$$\rho_2 = \text{Kerapatan bahan}$$

$$C_1 = \text{Cepat rambat bunyi diudara ( m/s )}$$

$$C_2 = \text{Cepat rambat bunyi pada bahan}$$

Dengan R adalah koefisien refleksi suara, yang didefinisikan sebagai perbandingan tekanan gelombang suara yang dipantulkan terhadap tekanan gelombang suara yang datang. Persamaan tersebut menggunakan asumsi bahwa tidak ada suara yang ditransmisikan atau diteruskan.

### 2.13. Bahan Absorpsi Suara

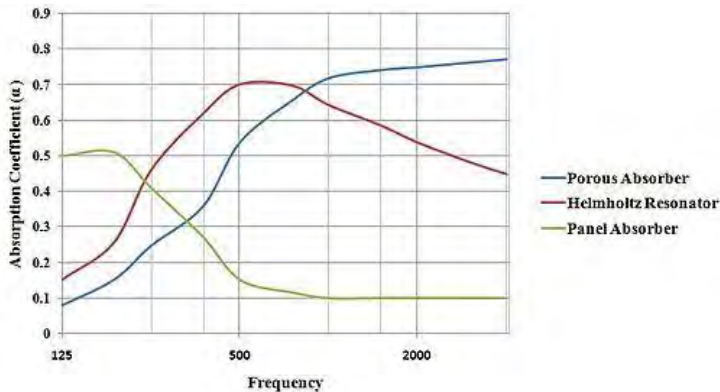
Bahan penyerap suara memiliki peranan penting dalam proses penyerapan suara sesuai dengan fungsi ruangan tersebut. Bahan penyerap suara tersebut seringkali disebut sebagai material kedap suara. Dalam sebuah konsep akustik ruangan harus dibedakan antara fungsi kedap dan fungsi pengendalian. Ada dua



tipe utama bahan penyerap suara yaitu bahan penyerap suara berpori (*Porous Absorber*) dan penyerap suara tipe resonansi (*Resonant Absorber*). Bahan berpori seperti karpet, korden, *foam*, *glasswool*, *rockwool*, *cellulose fiber*, dan material lunak lainnya menyerap energy suara melalui energi gesekan yang terjadi antara komponen kecepatan gelombang suara dengan permukaan materialnya. Bahan penyerap suara tipe ini akan menyerap energy suara lebih besar di frekuensi tinggi.

Bahan penyerap suara tipe resonansi seperti panel kayu tipis, menyerap energy suara dengan cara mengubah energy suara yang datang menjadi getaran yang kemudian diubah menjadi energy gesek oleh material berpori yang ada di dalamnya (misal oleh udara atau material berpori). Ini berarti material tipe ini lebih sensitif terhadap komponen tekanan dari gelombang suara yang datang, sehingga lebih efektif apabila ditempelkan di dinding. Bahan penyerap tipe ini lebih dominan menyerap energy suara ber frekuensi rendah. Frekuensi resonansi bahan ini ditentukan oleh kerapatan massa dari panel dan kedalaman (tebal) rongga udara dibalikinya.

Tipe lain dari bahan penyerap suara ini adalah Resonator Helmholtz. Efektifitas bahan penyerap suara tipe ini ditentukan oleh adanya udara yang terperangkap di pipa atau leher diatas bidang berisi udara. Permukaan berlubang menjadi ciri utama resonator yang bekerja pada frekuensi tertentu, tergantung pada ukuran lubang, leher dan volume ruang udaranya. Apabila diinginkan sebuah dinding atau interior yang memiliki frekuensi kerja yang lebar (rendah, menengah, dan tinggi), maka harus digunakan gabungan ketiga bahan penyerap suara tersebut. Kombinasi antara proses gesekan dari komponen kecepatan gelombang suara dan resonansi dari komponen tekanan gelombang suara akan membuat kinerja penyerapan energy suara oleh dinding atau partisi besar untuk seluruh daerah frekuensi.



**Gambar 2.11** Tipe penyerapan suara

(Sumber : David M Howard and Jamie A S Angus Acoustic and Psychoacoustic fourth edition 2009)

## **2.14. Standar Nilai untuk Kebisingan (dB) pada Interior Kendaraan**

Kebisingan telah ada sejak tahun 1929 dimana produksi kendaraan bermotor dan roda empat diproduksi. Pada tahun 1978 standard untuk kebisingan untuk interior sebuah kendaraan yaitu sebesar 82dB. Tetapi, untuk sekarang standard kebisingan diturunkan menjadi 65dB untuk mobil *Mercedes AMG*. Standard ini sudah berlaku dan di diterapkan setelah tahun 1978, atau tepatnya tahun 2008 oleh beberapa negara di Eropa. Dalam produksinya mobil di Eropa harus melalui standard uji untuk kebisingan ini, karena jika tidak memenuhi akan ditarik dari produksi dan tidak bisa dipasarkan secara luas. Standard tersebut hanya berlaku untuk kendaraan umum atau bermesin bensin biasa. Untuk kendaraan besar dengan mesin diesel seperti *jeep* untuk *off-road*, standard kebisingannya berkisar antara 74-76 dB.

Hal ini sudah menjadi aturan baru bagi negara Eropa untuk memiliki mobil dengan standard kebisingan seperti diatas. Tentu akan menjadi illegal untuk menjual mobil tidak memenuhi standard kebisingan. Sebuah peraturan baru Uni Eropa sedang



dirancang dan akan dipublikasikan mulai Juli 2016. Peraturan (UE) No 540/2014, menyatakan akan membuat aturan secara ketat selama 10 tahun untuk standard kebisingan tersebut, bersamaan juga dengan tes dan penyelidikan untuk mengetahui standard kebisingan sebuah kendaraan. Dimana pada tahun 2026 standard nilai suatu kebisingan untuk sebuah kendaraan sebesar 68 dB (A). (*Sumber : Auto decibel cars interior*)

## **2.15. Aplikasi Komposit Secara Umum**

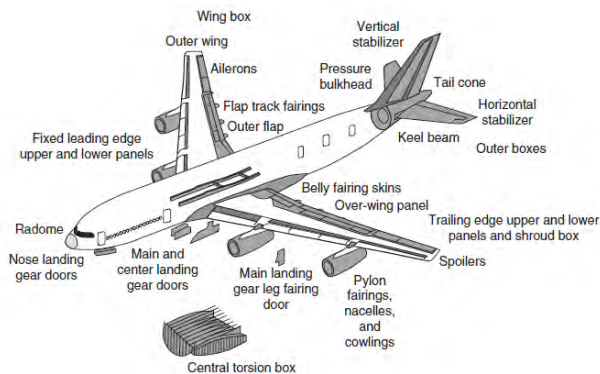
### **1. Pesawat dan Militer**

Sebagian besar dunia penerbangan dan dunia militer terutama untuk badan pesawat sudah banyak menggunakan bahan komposit sebagai penyokong strukturnya. Hal ini dikarenakan untuk mengurangi berat yang berada pada badan pesawat dan menambah kecepatan untuk bisa terbang. Pada tahun 1969, pesawat F-14 telah menggunakan *boron fiber* dengan *reinforced epoxy resin* sebagai komponen untuk material komposit yang diaplikasikan pada badan pesawatnya. Dimana pada tahun ini juga dikenalkan dan dikembangkan material komposit sebagai bahan untuk struktur badan pesawat. Biasanya dibuat untuk bagian sayap, interior ataupun bagian yang lainnya. (P.K Mallick, 2007)

Dalam dunia militer, salah satu bentuk aplikasi material komposit dibuat untuk pesawat stealth. Pesawat ini bisa terbang dengan kecepatan yang sangat tinggi karena bahannya yang ringan atau *lightweight*, lalu juga mempunyai lapisan badan pesawat yang khusus, dan tentunya juga anti radar serta anti panas dari senjata yang dipunyai oleh lawan. Stealth ini dibuat dari *carbon fibre* dengan *reinforced* dari *polymers* tentu dengan pembuatan yang sangat khusus. Berikut di bawah ini adalah gambar penggunaan material komposit di dunia militer :



Sedangkan pada tahun 1972-1986 aplikasi material komposit ini diaplikasikan ke beberapa bagian badan pesawat dengan menggunakan *carbon fiber* dengan *reinforced epoxy* yang mempunyai kekuatan yang tinggi. Salah satu pesawat buatan negara Prancis yaitu *Airbus*, sudah menggunakan teknologi material komposit ini sejak tahun 1987. Terbukti sejak pertama kali menggunakan bahan komposit untuk struktur badan pesawat mereka, terbukti dengan penggunaan material komposit ini mereduksi berat badan pesawat sekitar 10% atau sekitar 400kg dari penggunaan bahan logam aluminium. Biasanya untuk pemasangannya di door panel, floor, di bagian badan luar, dan beberapa bagian lainnya. Di bawah ini adalah penggunaan material komposit di pesawat komersil berserta beberapa bagiannya di badan pesawat. (P.K Mallick, 2007)



**Gambar 2.12** Penggunaan material komposit pada komponen pesawat

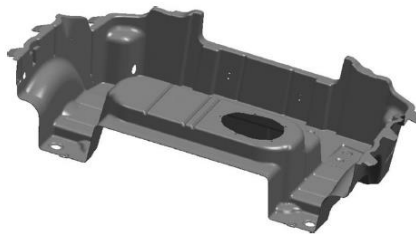
## 2. Industri Otomotif

Dalam dunia otomotif sekarang banyak digunakan pula material komposit pengganti logam. Dalam hal ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu, komponen *body*, *chasis* dan bagian mesin. Secara umum banyak diaplikasikan pada *door panel* dengan *fiberglass*



dan juga matriksnya yaitu *polyester resin*. Proses pembuatannya menggunakan *sheet molding compound (SMC)* atau *compression molding*. Tidak hanya untuk membuat *door panel*, tetapi SMC ini digunakan untuk membuat *dashboard*, bumper mobil, kap mobil.

Selain itu juga penggunaan material komposit bisa mengurangi penggunaan logam yang makin mahal. Selain itu keuntungan dari penggunaan material komposit ini terletak pada bahannya yang mudah didapat apalagi diaplikasikan untuk dunia otomotif. Tidak hanya bagian interior, bagian *suspension*, *engine block*, dan *gearbox* pun juga dibuat dari bahan bermaterial komposit. Di bawah ini adalah bagian *dashboard* dan *engine* yang menggunakan material komposit.



**Gambar 2.13** Gambar *dashboard* pada mobil  
(Sumber : Courtesy of Molded Fiber Glass and American Composites Alliance, 2007)

## 2.16. Penelitian Terdahulu Komposit Serat Alam

Tabel 2.5 Tabel Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Serat dan Matriks	Metode Pembuatan	Hasil Pengujian	
			Uji Absorpsi Suara	Uji Sifat Mekanik
Bella dan Farid	Serat bambu betung	Metode hand lay-up	-Pada frekuensi 500 Hz,	—



Laporan Tugas Akhir  
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

	dan rami dengan matriks gypsum		<p>nilai <math>\alpha</math> sebesar 0,347</p> <p>-Pada frekuensi 1000 Hz, nilai <math>\alpha</math> sebesar 0,376</p> <p>-Pada frekuensi 2000 Hz, nilai <math>\alpha</math> sebesar 0,404</p> <p>-Pada frekuensi 4000 Hz, nilai <math>\alpha</math> sebesar 0,435</p>	
Suban dan Farid	Serat ampas tebu dengan matriks gypsum	Metode hand lay-up	<p>-Pada frekuensi 500 Hz, nilai rata-rata <math>\alpha</math> sebesar 0,665</p> <p>-Pada frekuensi 1000 Hz, nilai rata-rata <math>\alpha</math> sebesar</p>	<p>-Pada uji lentur didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,73 Mpa</p> <p>-Pada uji tekan didapatkan nilai</p>



			0,132 -Pada frekuensi 2000 Hz, nilai rata rata $\alpha$ sebesar 0,090 -Pada frekuensi 4000 Hz, nilai rata rata $\alpha$ sebesar 0,110	rata rata sebesar 1,74 Mpa
Agung dan Farid	Serat ampas tebu dan bambu betung dengan matriks gypsum	Metode hand lay-up	-Pada frekuensi 630 Hz, nilai rata rata $\alpha$ sebesar 0,354 -Pada frekuensi 1250 Hz, nilai rata rata $\alpha$ sebesar 0,385 -Pada frekuensi 2000 Hz, nilai rata rata $\alpha$	-Pada uji lentur didapatkan nilai rata rata sebesar 1,71 Mpa -Pada uji tekan didapatkan nilai rata rata sebesar 3,63 Mpa





			sebesar 0,380 -Pada frekuensi 3150 Hz, nilai rata rata $\alpha$ sebesar 0,416 -Pada frekuensi 4000 Hz, nilai rata rata $\alpha$ sebesar 0,424	
Textile Research Journal (D.V.P arikh, 2006)	<i>Non Woven fibre and polypropylene or polyethylene</i>	-	-Pada frekuensi 700 Hz, nilai rata rata $\alpha$ sebesar 0,65 -Pada frekuensi 1200 Hz, nilai rata rata $\alpha$ sebesar 0,53 -Pada frekuensi 2200 Hz, nilai rata	-



			$\alpha$ rata sebesar 0,27 -Pada frekuensi 3200 Hz, nilai rata rata $\alpha$ sebesar 0,53	
Farid, Hosta, Vania Mitha	Serat Bambu dan rami dengan matriks resin - polyester	-	Pada frekuensi 1000 Hz nilai koefisien absorpsi suara 0.973	-



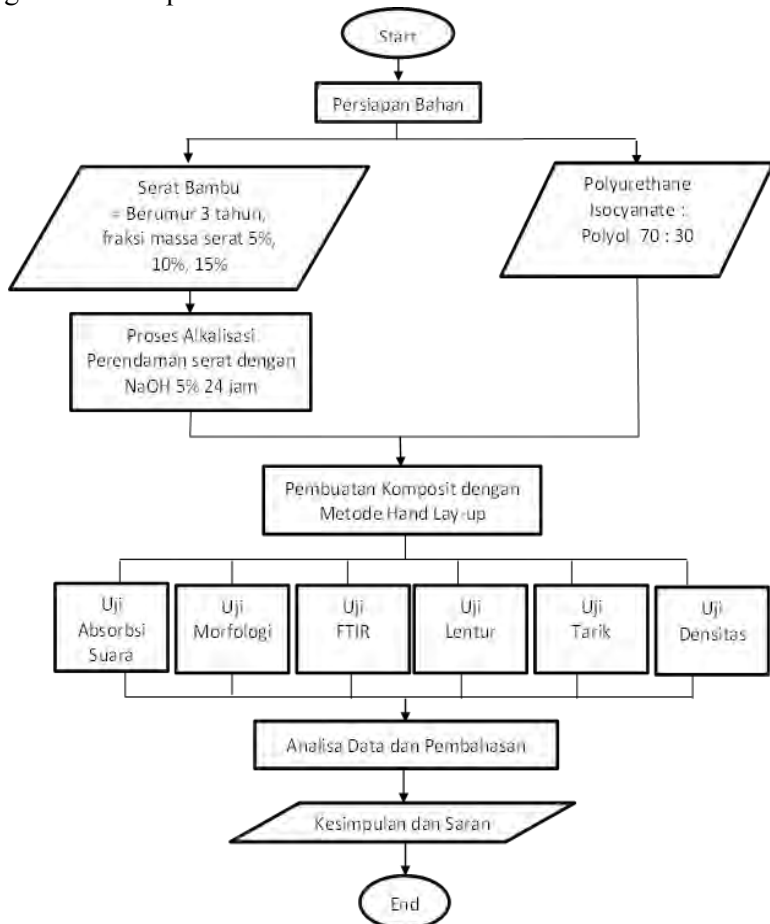
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan alur penelitian yang digambarkan seperti Gambar 3.1



**Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian**



### **3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian**

#### **3.2.1 Bahan Penelitian**

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Serat Bambu



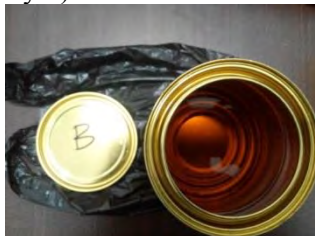
**Gambar 3.2 Serat Bambu**

2. Polyurethane A (Isocyanate)



**Gambar 3.3 Isocyanate**

3. Polyurethane B (Polyol)



**Gambar 3.4 Polyol**



4. NaOH 1M



**Gambar 3.5 NaOH 1M**

5. Aquades



**Gambar 3.6 Aquades**

### **3.2.2 Peralatan Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Cetakan  
Cetakan digunakan untuk mencetak specimen uji
2. Timbangan digital  
Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan yang akan digunakan
3. Oven  
Oven digunakan untuk mengeringkan serat setelah perendaman dengan NaOH. Oven yang digunakan milik Laboratorium Pengolahan Material di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi



4. Mesin Pencacah Organik

Mesin pencacah organik yang digunakan memiliki laboratorium kimia dan bahan alam milik Jurusan Teknik Kimia ITS

5. Mesin Sieving

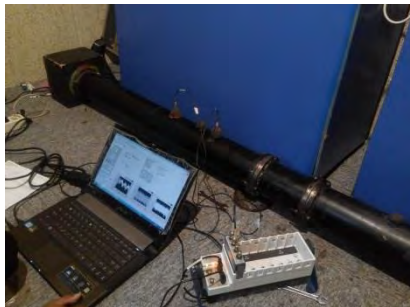
Mesin sieving yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



Gambar 3.7 Mesin Sieving

6. Mesin Uji Absorpsi Suara

Mesin uji absorpsi suara milik Laboratorium Akustik Material di Jurusan Teknik Fisika ITS



Gambar 3.8 Mesin Uji Absorpsi Suara



#### 7. Mesin SEM

Mesin SEM yang digunakan milik laboratorium di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS



Gambar 3.9 Mesin Scanning Electron Microscope

#### 8. Mesin Uji Lentur

Mesin uji lentur yang digunakan milik laboratorium UNAIR



Gambar 3.10 Mesin Uji Lentur





#### 9. Mesin FTIR

Mesin FTIR yang digunakan milik laboratorium di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



Gambar 3.11 Mesin Uji FTIR

#### 10. Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik yang digunakan milik laboratorium UNAIR



Gambar 3.12 Mesin Uji Tarik

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ialah

1. Komposisi serat dengan matriks polyurethane 5%B-95%PU, 10%B-90%PU, 15%B-85%PU



### 3.4 Rancangan Penelitian

Untuk pelaksanaan percobaan, dibawah ini adalah rancangan penelitian yang dilakukan.

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

No	Pembuatan Komposit	Pengujian					
	Hand Lay up	Uji Absorpsi Suara	Uji Morfologi	Uji FTIR	Uji Lentur	Uji Tank	Uji Densitas
1	5%B-95%PU	V	V	V	V	V	V
2	10%B-90%PU	V	V	V	V	V	V
3	15%B-95%PU	V	V	V	V	V	V

### 3.5 Metode Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan Bahan

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan bahan ini penting untuk dilakukan, karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan yang kita lakukan.

##### 3.5.1.1 Pengolahan Serat Bambu

1. Serat bambu dibersihkan dari pengotor dengan air bersih.
2. Serat bambu yang telah bersih direndam dengan NaOH 5% selama 24 jam untuk mengurangi kandungan ligninnya.
3. Setelah direndam, serat bambu dibilas dengan aquades lalu dikeringkan dengan oven hingga struktur serat bambu sangat kering.
4. Serat yang telah kering di perhalus dengan mesin pencacah organic.
5. Serat di meshing untuk didapatkan ukuran yang homogen sebesar 140-288 mikron mesh.
6. Serat ditimbang sesuai perhitungan.



### **3.5.1.2 Pengolahan Matriks Polyurethane**

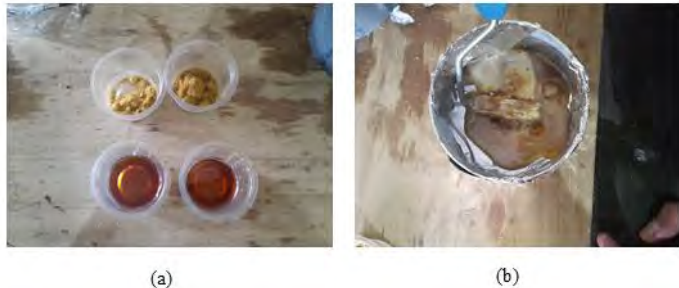
1. Phenyl-Isocyanate (Polyurethane A) dan PolyPropylene Glycol (Polyurethane B) dimasukkan dalam wadah berbeda lalu ditimbang sesuai perhitungan

### **3.5.1.3 Pembuatan Cetakan**

1. Untuk cetakan uji absorbs suara terbuat dari pipa pvc dengan diameter 110 mm dan tinggi 30 mm
2. Untuk Cetakan Uji Bending terbuat dari seng dengan ukuran 128x11x4 mm

### **3.5.1.4 Pembuatan Komposit Metode Hand lay-up**

1. Pembuatan spesimen dilakukan dengan menempatkan serat bambu, dan polyurethane berdasarkan komposisi yang telah disiapkan pada suatu cetakan.
2. Memberi resin dan penekanan terhadap serat dan polyurethane dengan menggunakan roll agar merata.
3. Proses ini dilakukan beberapa kali sesuai dengan perhitungan massa yang sudah ditentukan dan hingga komposit mengeras lalu dikeluarkan dari cetakan.



Keterangan Gambar :

(a). Persiapan PU dan serat dalam wadah berbeda

(b). PU dituang, diikuti serat lalu diratakan dengan roll agar bercampur

Gambar 3.13 Gambar Metode Hand Lay-up

### 3.5.1.5 Pembongkaran Spesimen

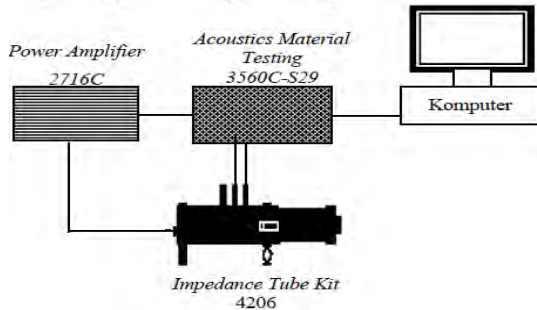
1. Setelah spesimen komposit mongering dan mengeras, cetakan dapat dibongkar
2. Spesimen dapat diambil dari cetakan tersebut.

### 3.5.2 Proses Pengujian

Setelah spesimen komposit selesai dibuat, maka dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari:

#### 3.5.2.1 Pengujian Koefisien Serap Suara

Peralatan yang digunakan untuk mengukur koefisien serap bahan adalah tabung impendansi dengan standarisasi menurut ASTM E-1050. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 105mm dan tinggi 10mm. Berikut ini rangkaian alat tabung impendansi untuk mengukur uji penyerapan suara:



Gambar 3.14 Rangkaian alat uji absorpsi suara

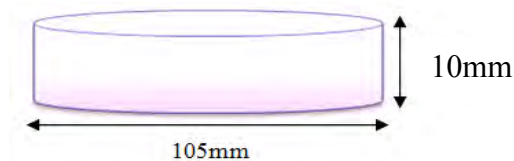
Rangkaian alat terdiri dari:

- 1) *Acoustic material testing 3560C-S29*: Untuk menganalisa sinyal yang diterima mikrofon
- 2) *Power Amplifier 2716C*: Untuk menguatkan gelombang bunyi
- 3) *Impedance Tube kit 4206*: Sebagai tempat pengukuran koefisien serapan sampel.
- 4) *Komputer* : Untuk mengolah dan menampilkan data pengujian .

Pengujian *Absorption* adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan untuk menyerap suara. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan harga  $\alpha$  (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar  $\alpha$  maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap sedangkan jika  $\alpha$  bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan . Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material tersebut. Prinsip pengujian adalah spesimen yang berbentuk lingkaran dimasukkan ke dalam bagian kepala tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada amplifiier dengan



frekuensi 125 – 5000 Hz, maka speaker akan memberikan suara ke dalam tabung impedansi dan sound level meter.



**Gambar 3.15 Dimensi Spesimen Uji Absorpsi Suara**



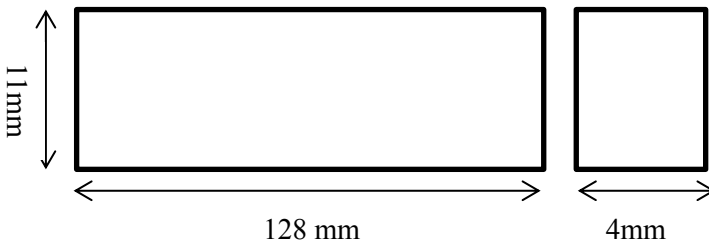
**Gambar 3.16 Spesimen uji absorpsi suara komposit B-%PU di beberapa variasi komposisi**

### 3.5.2.2 Pengujian Kelenturan

Kekuatan lentur digunakan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan dilakukan dengan metode three point bend, dimana spesimen diletakan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan ditengah spesimen. Mesin yang digunakan adalah mesin uji lentur milik Unair Surabaya. Prosedur pengujian menurut standar ASTM D790. Dimensi spesimen yang diuji sesuai standart tersebut ialah sebesar 128x25x4 mm.



Gambar 3.17 Alat uji kelenturan



Gambar 3.18 Dimensi spesimen uji lentur

Kekuatan lentur suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_f = (3 PL / 2 bd^2)[1 + 6(D/L)^2 - 4(d/L)(D/L)] \quad (3.6)$$

Keterangan:

$\sigma_f$  = Kekuatan Lentur (MPa)

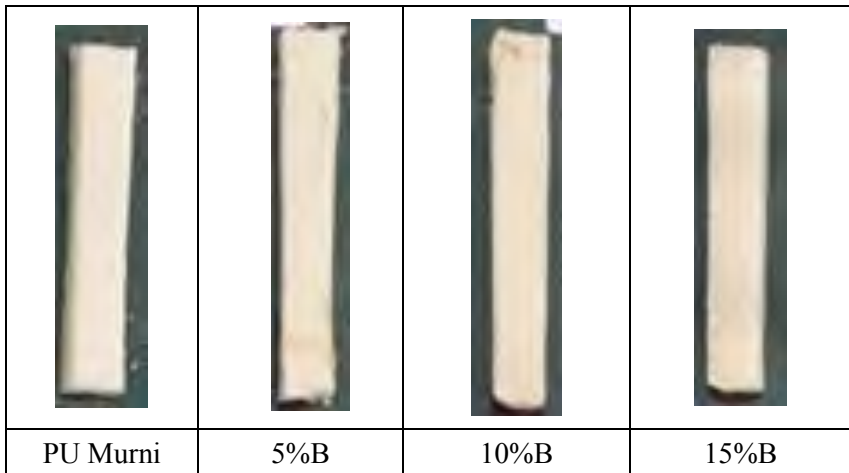
L = Support Span (mm)

P = Beban Patah (N)

b = Lebar Spesimen (mm)

d = Tebal Spesimen (mm)

D = Defleksi ( $D = 0.05L^2/bd$ )



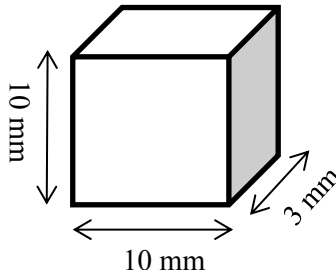
Gambar 3.19 Spesimen uji lentur komposit B-%PU di beberapa variasi komposisi

### 3.5.2.3 Pengujian SEM (Scanning Electron Microscope)

Pengujian SEM bertujuan untuk mempelajari morphology (sifat permukaan), ukuran partikel dan pori, serta bentuk partikel suatu material. Pengujian ini didasarkan pada standard ASTM E2809. Spesimen uji berbentuk kubus berukuran 10x10x3 mm.

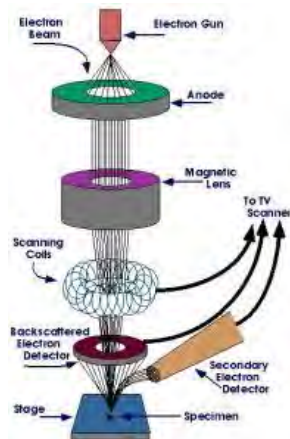
Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) menggunakan mesin SEM menggunakan hamburan elektron dalam membentuk bayangan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.





Gambar 3.20 Dimensi spesimen uji morfologi

Adapun cara kerja dari SEM adalah *electron gun* memproduksi *electron beam*, anoda menangkap *electron beam* untuk kemudian diarahkan ke sampel kemudian serangkaian lensa magnetik memfokuskan beam ini dan menembakkan ke sampel, *scanner* membaca struktur permukaan sampel selanjutnya menangkap sinyal dari *secondary* dan *back scattered electron* untuk dikirim ke sistem kontrol sehingga dapat dilihat gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan.



Gambar. 3.21 Prinsip Kerja SEM



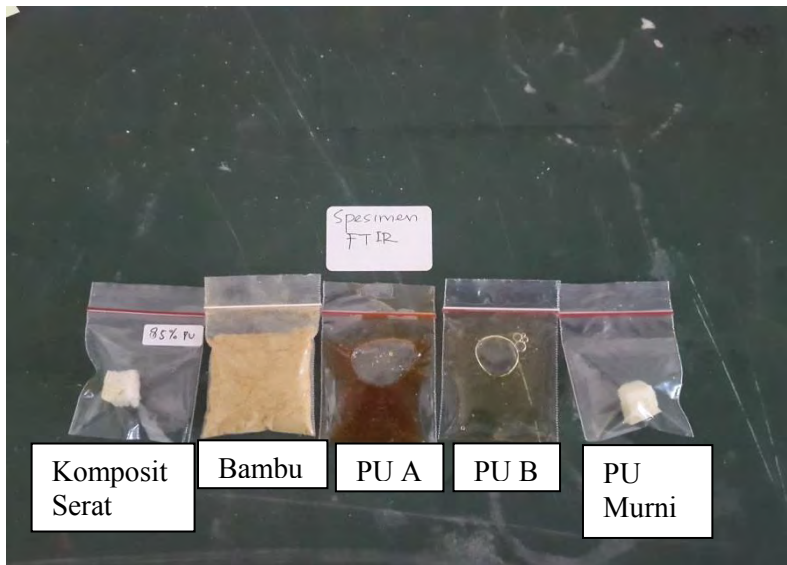
Gambar 3.22 Spesimen Uji SEM

#### 3.5.2.4 Uji FTIR

Pada penentuan senyawa yang terdapat pada polyurethane 1 dan polyurethane 2 perlu dilakukan uji

FTIR untuk mengetahui kandungan dan jenis polyol dan isocyanate yang berada diproduk tersebut. FTIR dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Material dan

Metalurgi. Bahan yang dilakukan uji FTIR adalah polyurethane A, polyurethane B, polyurethane murni (pencampuran PU A dan B), komposit serat bambu, dan serat bambu alkalisasi.



Gambar 3.23 Spesimen uji FTIR

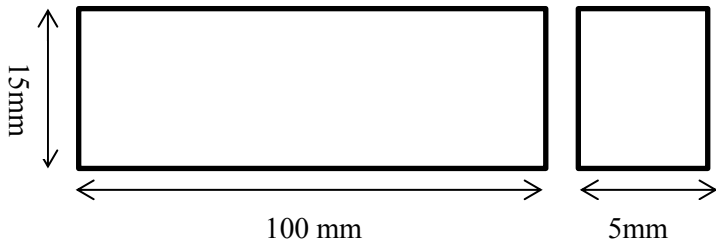
#### 3.5.2.5 Uji Densitas

Polyurethane merupakan material bervoid untuk itu perlu diketahui void dari densitas yang terbentuk pada komposit. Prosedur pengujian menggunakan standard ASTM C271-99. Uji densitas dilakukan dengan cara perhitungan volume dari spesimen absorpsi suara dibagi massa dari spesimen. Volume didapat dari pengukuran dimensi diameter, lebar dan tinggi spesimen absorpsi suara. Sedangkan massanya ditimbang dengan timbangan digital.







### 3.5.2.6 Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik suatu material serta modulus elastisitasnya. Mesin yang digunakan adalah mesin uji bending milik Unair Surabaya. Prosedur pengujian menurut standar ASTM D-3039 00. Dimensi spesimen yang diuji sesuai standart tersebut ialah sebesar 100x15x5 mm



Gambar 3.24 Dimensi spesimen uji Tarik

			
PU Murni	5%B	10%B	15%B

Gambar 3.25 Spesimen uji tarik komposit B-%PU di beberapa variasi komposisi



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



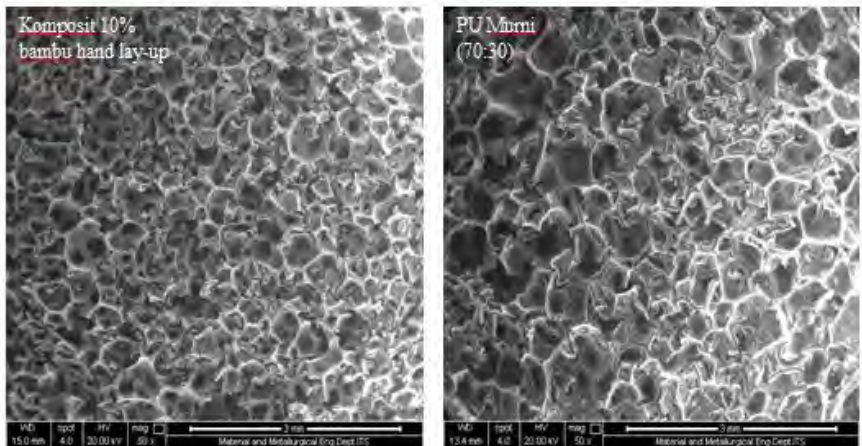
## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Scanning Electron Microscope (SEM) pada Komposit B-%PU**

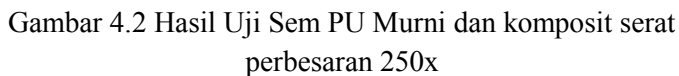
Morfologi dari polyurethane murni dan komposit serat bambu ditunjukkan dengan fotomikrograph *Scanning Electron Microscope*. Hasil morfologi ini dilakukan di laboratorium karakterisasi Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS. Spesimen uji SEM dibuat dengan dimensi 10x10x10 mm lalu dilapisi coating AuPd setelah itu dimasukkan kedalam alat uji SEM.

Gambar 4.1 Menunjukkan hasil sem dengan perbesaran 50x. Pada pengamatan SEM tersebut terlihat bahwa morfologi yang dihasilkan anisotropic secara keseluruhan. Pada polyurethane murni baik pada perbandingan komposisi penyusun 70:30 memiliki struktur sel tertutup. Ketika ditambahkan serat, maka morfologi komposit PU dengan 10% serat bambu dan menggunakan metode hand lay-up menjadi tidak beraturan dan sel pori semakin mengecil.. Tetapi karena bentuk serat serbuk maka dalam gambar sem akan terlihat seperti titik titik dan distribusi seratnya akan tidak merata (non uniform) dan serat akan berkumpul pada satu titik.



Gambar 4.1 Hasil sem PU murni dan komposit serat bambu perbesaran 50x

Gambar 4.2 menunjukkan hasil SEM Komposit 10% serat bambu dan PU murni dengan perbesaran 250x. Serat pada komposit yang terdeteksi oleh SEM terlihat secara samar dan tidak tersebar merata dikarenakan serat berbentuk serbuk dengan ukuran 250-450 mikro mesh. Terlihat bahwa pori pada polyurethane murni masih terlihat jelas namun ketika ditambahkan serat bambu sebesar 10% dengan hand lay-up terlihat bahwa volume pori menyusut signifikan. Hasil observasi SEM ini pun terjadi pada penelitian B Yesim Buyukakinci, Nihal Sokmen, haluk kucuk pada tahun (2011) bahwa dengan adanya filler atau penambahan serat cenderung memodifikasi mikrostruktur PU menjadi sel yang lebih kecil dan menjadi tidak uniform. Dengan penambahan serat bambu sebesar 10%-15% tidak akan merubah struktur sel dari PU sehingga walaupun ada penambahan serat struktur sem dari spesimen komposit serat masih tampak berpori.



Cetakan absorpsi suara sendiri dibuat dari potongan pipa PVC dengan dimensi 110mm dan tinggi 30mm. Cetakan dibungkus dengan aluminium foil untuk menghindari reaksi kimia yang mungkin terjadi antara PVC dengan komposit polyurethane.

Pengujian koefisien absorpsi dilakukan sesuai dengan standar metode ASTM E1050 tentang pengujian material akustik. Pengujian dilakukan di Laboratorium Vibrastic Teknik Fisika FTI ITS. Perangkat yang digunakan meliputi dua mikrofon, amplifier, tabung impedansi B&K 4206, *pulse multi analyzer*, dan laptop. Specimen dipasang dalam tabung impedansi dengan posisi melintang menggunakan penyangga plastisin. Kemudian dipancarkan gelombang suara dengan frekuensi rendah hingga frekuensi tinggi. Gelombang yang datang dari mikrofon diserap oleh permukaan specimen dan





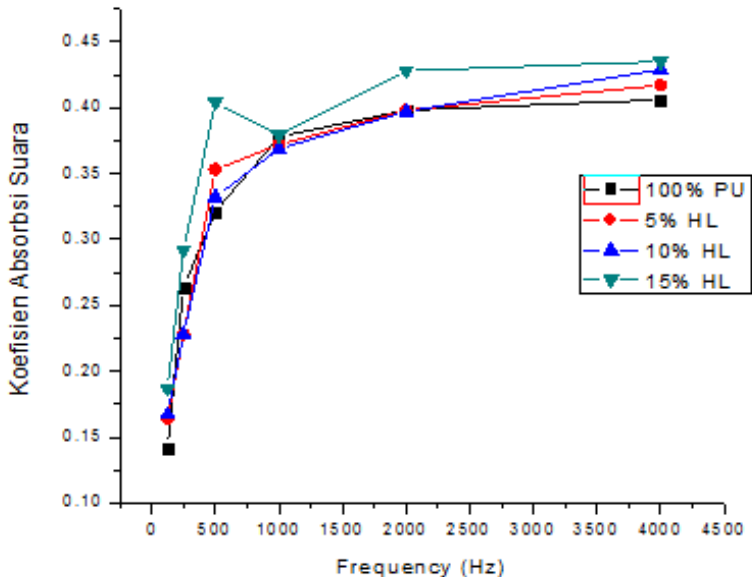
ditangkap kembali oleh microfon yang kedua. Hasil dari gelombang suara yang datang dan tertangkap kemudian dianalisis untuk mendapatkan fungsi respon frekuensi. Nilai koefisien absorpsi suara kemudian diolah oleh software pulse 4.6 dan disajikan dalam bentuk nilai alfa. Semakin besar nilai  $\alpha$  maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai  $\alpha$  memiliki range 0 sampai 1.

Hasil pengujian absorpsi suara yang telah dilakukan ditunjukkan oleh tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Absorpsi suara

Frekuensi (Hz)	Nilai Koefisien Absorpsi Suara			
	100% PU	Hand Lay-up		
		5% B	10% B	15% B
125	0.142	0.164	0.167	0.187
250	0.264	0.228	0.228	0.292
500	0.321	0.353	0.332	0.404
1000	0.378	0.372	0.369	0.379
2000	0.398	0.398	0.397	0.428
4000	0.406	0.417	0.429	0.435

Berdasarkan dari tabel 4.1 terlihat bahwa  $\alpha$  tertinggi terletak pada frekuensi tinggi. Hal ini sesuai dengan grafik pada gambar 4.3 yang menandakan komposit serat bambu dengan matriks polyurethane sebagai porous absorber. Nilai  $\alpha$  tertinggi terjadi karena kapasitas absorpsi suara terjadi (Howard, 2011)



Gambar 4.3 Grafik nilai koefisien absorpsi suara PU Murni dan komposit serat

Gambar 4.3 menunjukkan grafik koefisien absorpsi suara. Untuk komposisi 5%B-95%PU nilai  $\alpha$  mengalami peningkatan seiring meningkatnya frekuensi. Pada frekuensi 4000 Hz nilai  $\alpha$  sebesar 0.417. Lalu untuk komposisi 10%B-90%PU nilai  $\alpha$  tertinggi yaitu 0.429 pada frekuensi 4000 Hz. Nilai  $\alpha$  tertinggi terdapat pada 15%B-85%PU dengan nilai 0.435. Terlihat pada grafik semuanya meningkat nilai  $\alpha$  nya seiring pertambahan fraksi massa seratnya. Tetapi pada komposit 15% hand lay up terjadi penurunan nilai  $\alpha$  dikarenakan faktor densitas yang dimiliki tinggi, sehingga ketika ada pertambahan fraksi serat bisa menyebabkan ukuran pori mengecil (Chan Wen Shan, 2012).

Menurut Yusril (2013), dengan penambahan serat maka akan menaikkan nilai  $\alpha$  nya. Hal ini dibuktikan dengan gambar



4.3. Tetapi semakin bertambahnya fraksi massa serat akan menyebabkan tidak homogen karena distribusi serat yang tidak merata dan tertentu dalam satu titik. Dan hal ini akan berakibat pada nilai  $\alpha$  dari komposit tersebut. Menurut Jakob Morkholt (2011), nilai koefisien absorpsi suara didalam interior sebuah kendaraan dibedakan menjadi 3 yaitu untuk atap mobil, tempat duduk dan jendela beserta pintu. Untuk pintu mobil dan jendela nilai  $\alpha$  sebesar 0.3. Riset ini diteliti oleh European Union research project Cabin Noise Reduction by Experimental and Numerical Design Optimization (CREDO).

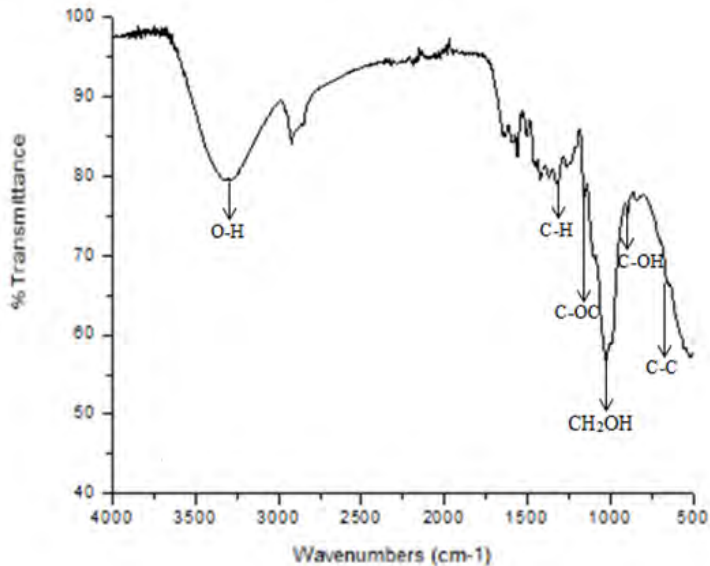
Pada penelitian Farid dan Heeriyanto (2013) menunjukkan adanya kinerja penyerapan suara material komposit berbasis serat rami dalam ruangan mencapai 99% dan hanya 1% energy suara yang direfleksikan pada frekuensi 1255Hz. Sedangkan pada penelitian Farid, Hosta, dan Mitha (2015) didapatkan hasil kenaikan secara signifikan nilai koefisiensi absorpsi suara pada frekuensi 125 Hz untuk material polyester berpenguat serat rami dan pada frekuensi menengah 1000 Hz untuk material polyester berpenguat serat bambu.

### **4.3 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) pada Komposit B-%PU**

#### **4.3.1 Analisa Hasil FTIR Serat Bambu Alkalisasi**

Dalam uji FTIR yang akan diuji adalah PU A, PU B, serat bambu alkalisasi, PU murni serta komposit serat bambu. Masing masing sample diuji dan dianalisa FTIR agar dapat menentukan peak dari tiap sample dan mengidentifikasi gugus ikatan yang mengindikasikan sample tersebut.

Serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat bambu. Gambar 4.4 menunjukkan hasil uji FTIR serat bambu yang telah dialkalisasi. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa serat bambu alkalisasi terdapat ikatan OH pada puncak gelombang  $3250\text{ cm}^{-1}$ , C-H pada  $1460\text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{CH}_2\text{OH}$  pada  $1050\text{ cm}^{-1}$ , C-C pada  $556\text{ cm}^{-1}$ , C-O-C pada  $1150\text{ cm}^{-1}$  dan C-OH pada  $975\text{ cm}^{-1}$  seperti yang ada pada tabel 4.2 berikut.



Gambar 4.4 Hasil Uji FTIR Serat Bambu Alkalisasi

Tabel 4.2 Daerah serapan Serat Bambu

Daerah Serapan	Ikatan	Gugus
975	C-OH	Hidroksil
1150	C-OC	Alkana
556	C-C	alkana
1050	CH <sub>2</sub> OH	Hidroksil
1460	CH	alkana
3250	OH	hidroksil

Hasil uji FTIR serat bambu alkalisasi bertujuan untuk mengetahui senyawa yang terkandung pada serat setelah dilakukan proses alkalisasi. Proses alkalisasi dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan komponen pengisi serat yang



mengganggu dalam menentukan ikatan serta kekuatan antar muka yaitu lignin. Dengan adanya lignin maka matriks dan serat tidak memiliki interface yang baik, kekerasan permukaan menurun. Oleh karena itu proses alkalisasi diperlukan untuk memperbaiki permukaan serat bambu dan menghilangkan lignin sehingga hanya terdapat selulosa di dalam serat tersebut.

Sejatanya di dalam lignin terdapat gugus  $-OCH_3$  yang tidak dimiliki oleh selulosa. Gugus  $-OCH_3$  memiliki puncak gelombang sebesar  $3500-4500\text{ cm}^{-1}$ . Pada gambar 4.2 terlihat bahwa tidak diidentifikasi gugus  $-OCH_3$  serta puncak gelombang pada wavenumber  $2860-3000\text{ cm}^{-1}$ . Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa dari uji FTIR ini serat bambu dialkalisasi secara baik dengan menghilangkan lignin dan terdapat selulosa.

#### 4.3.2 Analisa Hasil FTIR Isocyanate, Polyol dan PU murni

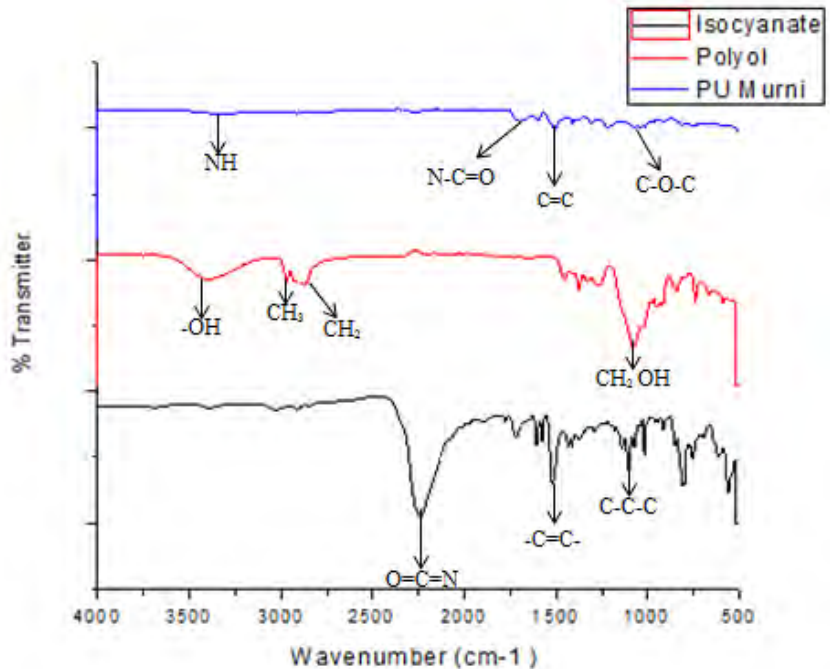
Tabel 4.3 Daerah serapan Isocyanate, Polyol, PU murni

Wavenumber	Ikatan	Gugus
1528	$C=C$	Aromatic
1100	$C-C-C$	Alkana
2240	$O=C=N$	Cyanate
1050	$CH_2OH$	Hidroksil
2871	$CH_2$	Alkana
2968	$CH_3$	Alkana
3398	$-OH$	Hidroksil
1050	$C-O-C$	Eter
1705	$N-C=O$	Urethane
3299	$NH$	Alkohol
1528	$C=C$	Cyanate

Pada gambar 4.5 bergaris warna hitam tersebut terlihat ikatan  $O=C=N$  pada puncak gelombang tertinggi pada  $2240\text{ cm}^{-1}$ , ikatan inilah yang teridentifikasi bahwa polyurethane A merupakan



isocyanate. Terdapat juga ikatan C=C pada puncak gelombang  $1528\text{ cm}^{-1}$ , C-C-C pada  $1100\text{ cm}^{-1}$ .



Gambar 4.5 Hasil Uji FTIR Isocyanate, polyol dan PU murni

Pada gambar 4.5 bergaris warna merah, terlihat adanya ikatan OH pada puncak gelombang  $3398\text{ cm}^{-1}$  dan pada  $\text{CH}_2$  puncak gelombang  $2871\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan gugus glycol. Sehingga bisa disimpulkan bahwa Polyurethane B adalah Polyol. Selain itu terdapat juga ikatan  $\text{CH}_3$  pada puncak gelombang  $2968\text{ cm}^{-1}$  serta ikatan  $\text{CH}_2\text{OH}$  pada  $1050\text{ cm}^{-1}$ .

Gambar 4.5 bergaris warna biru menunjukkan terdapat gugus urethane yaitu N-C=O pada puncak gelombang  $1223\text{ cm}^{-1}$  serta ikatan NH pada puncak gelombang  $3299\text{ cm}^{-1}$  yang

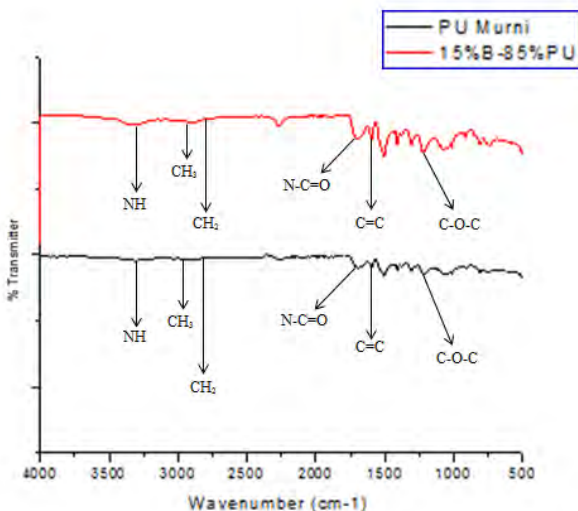


menunjukkan bahwa material tersebut merupakan Polyurethane. Selain itu terdapat ikatan  $C=C$  pada puncak gelombang  $1528\text{ cm}^{-1}$ ,  $C-O-C$  pada  $1050\text{ cm}^{-1}$ .

#### 4.3.3 Analisa Hasil FTIR Komposit Serat Bambu PU Murni

Komposit merupakan suatu material yang dibuat dengan cara mencampurkan kedua bahan yaitu matriks sebagai pengikat antar komponen dan reinforcement sebagai penguat atau filler. Dari hasil uji FTIR ini akan dianalisa komposit polyurethane dengan serat bambu. Analisa ini bertujuan untuk membuktikan bahwa tidak terjadi reaksi antara matriks dengan seratnya.

Gambar 4.6 menunjukkan perbandingan antara komposit serat bambu alkalisasi dan polyurethane sebagai matriks. Grafik keduanya memiliki gelombang yang sama. Hal tersebut dapat mengindikasikan tidak terjadi reaksi antara serat bambu alkalisasi dan polyurethane sehingga dapat menghasilkan komposit serat bambu alkalisasi.





Gambar 4.6 perbandingan hasil uji FTIR komposit serat bambu alkalisasi (a) dan polyurethane murni (b)

Tabel 4.4 Daerah serapan Komposit Serat dan PU Murni

Daerah Serapan	Ikatan	Gugus
1050	C-O-C	Eter
1705	N-C=O	Urethane
1528	C=C	Aromatic
2871	CH <sub>2</sub>	Alkana
2968	CH <sub>3</sub>	Alkana
3299	N-H	Alkana

#### 4.4 Kekuatan Lentur pada Komposit B-%PU

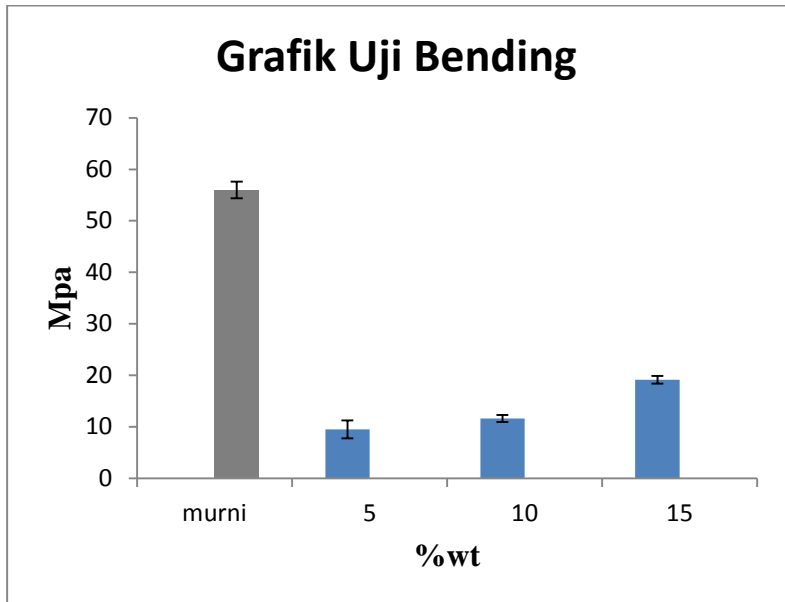
Cetakan untuk uji bending dibuat menggunakan seng yang dibentuk dengan dimensi 113x11x4 mm. Yang mana dibuat dengan metode hand lay-up dan blending. Dari pengujian kekuatan lentur yang telah dilakukan, diperoleh hasil data sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data pengujian lentur pada komposit B-PU dengan membandingkan PU murni, Hand lay-up dan blending

Material	Kuat Lentur (Mpa)	
	100% PU	Hand Lay-up
100% PU	56.018 ± 1.614	-
B-95% PU	-	9.512 ± 1.738
B-90% PU	-	11.626 ± 0.705
B-85% PU	-	19.142 ± 0.733

Dari analisa hasil kekuatan tekan dan lentur tabel 4.5 diatas, kemudian diplotkan ke dalam grafik.





Gambar 4.7 Grafik kekuatan lentur pada material komposit B-%PU

Dari gambar 4.7 diatas dapat diketahui bahwa pada komposit spesimen 15%B-85%PU hand lay up mempunyai nilai kekuatan lentur tertinggi sebesar 19.142. Sedangkan pada spesimen komposit 100%PU mempunyai nilai kekuatan lentur yang paling tinggi yaitu sebesar 56.018 Mpa. Untuk spesimen komposit 10%B-90%PU dan 5%B-95%PU nilainya sebesar 11.626 Mpa dan 9.512 Mpa. Pada penelitian qomariyah dan farid (2016), nilai spesimen komposit juga lebih kecil daripada 100%PU. Hal ini dilihat dari pengujian densitas bahwa semakin besar nilai densitas, sifat mekanik akan meningkat (Katrine, 2007).

Dari hasil pengujian lentur didapatkan hasil bahwa 100% PU mempunyai nilai kelenturan yang sangat tinggi. Sedangkan spesimen komposit jika dibuat dengan hand lay up lebih rendah nilainya. Hal ini didasari pada pembuatan



spesimen yang lebih baik polyurethane murni daripada hand lay up. Menurut Pankaj pandey dkk (2016), faktor pembuatan spesimen komposit, dan distribusi serat ini bisa menyebabkan nilai kelenturan dari komposit dengan hand lay up menurun. Karena dalam pembuatan komposit dengan hand lay up, serat akan berkumpul pada titik tertentu dan tidak terdistribusi secara merata.

Menurut Rahman (2011), penambahan serat ini akan mengakibatkan penurunan nilai kekuatan dan sifat mekanik dari material komposit. Sifat mekanik disini adalah bending (kelenturan) dan uji tarik. Dikarenakan pada proses alkalisasi bertujuan untuk menghilangkan lignin, karena lignin ini akan mengganggu ikatan interface pada komposit, tetapi hal ini membuat serat menjadi sangat rapuh karena lignin yang di dalam serat dihilangkan lewat proses tersebut. Tetapi pada penambahan fraksi serat selanjutnya nilai kekuatan bending akan ikut meningkat.

Menurut Gayatri (2014) kurangnya serat yang ditambahkan akan menurunkan kemampuan komposit untuk menahan beban yang diberikan, sehingga dapat dilihat dari pengujian, spesimen komposit yang seratnya lebih sedikit lebih getas. Berdasarkan gambar 4.7 diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan serat ke dalam komposit maka akan semakin meningkatkan nilai kekuatan lentur terhadap beban yang diterima oleh material komposit.

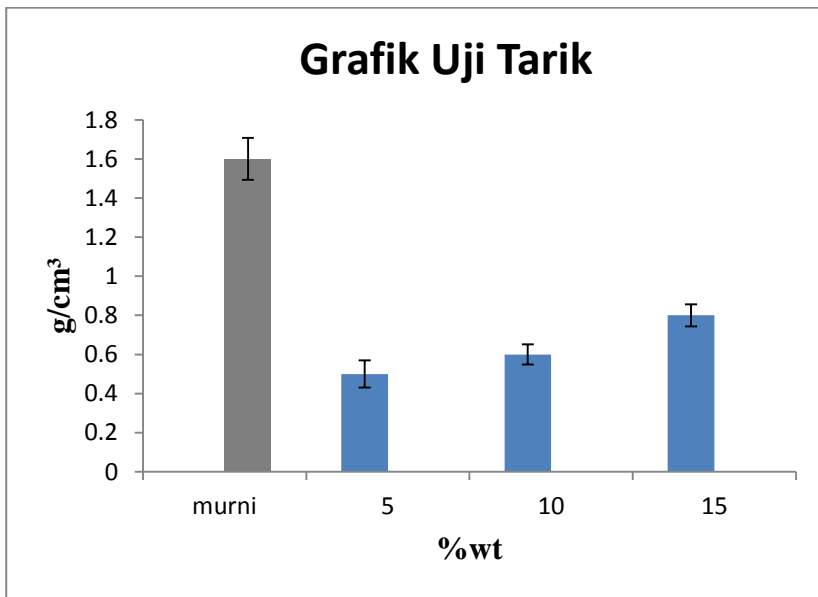
#### **4.5 Kekuatan Tarik dari Komposit B-%PU**

Cetakan untuk uji tarik dibuat menggunakan seng yang dibentuk dengan dimensi 100x15x5 mm sesuai dengan ASTM D-3039 00. Yang mana dibuat dengan metode hand lay-up dan blending. Dari pengujian kekuatan tarik yang telah dilakukan, diperoleh hasil data sebagai berikut :



Tabel 4.6 Data pengujian tarik pada komposit B-PU dengan membandingkan PU murni, Hand lay-up dan blending

Material	Kekuatan Tarik (Mpa)	
	100% PU	Hand Lay-up
100% PU	$1.6 \pm 0.107$	-
B-95% PU	-	$0.5 \pm 0.069$
B-90% PU	-	$0.6 \pm 0.052$
B-85% PU	-	$0.8 \pm 0.056$



Gambar 4.8 Grafik kekuatan Tarik pada material komposit B-%PU

Dari gambar 4.8 diatas dapat diketahui bahwa pada komposit spesimen 15%B-85%PU dengan metode hand lay up mempunyai nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 0.8 Mpa.



Sedangkan pada spesimen komposit 100%PU mempunyai nilai kekuatan tarik yang paling tinggi yaitu sebesar 1.6 Mpa. Lalu pada komposisi 10%B-90%PU nilai kekuatan tariknya sebesar 0.6 Mpa. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kekuatan tarik terendah ada pada spesimen komposit 5%B-95%PU sebesar 0.5 Mpa. Sedangkan penelitian Qomariyah dan Farid (2016), juga mengalami penurunan nilai kuat tarik. Tetapi dengan penambahan fraksi massa serat akan menaikkan juga nilai kekuatan tariknya.

Dari hasil pengujian tarik didapatkan hasil bahwa 100% PU atau PU murni mempunyai nilai kekuatan tarik yang sangat tinggi. Sama halnya dengan spesimen uji kelenturan hal yang menyebabkan spesimen komposit dengan hand lay up menurun adalah faktor dari pembuatan dan distribusi serat yang tidak merata. Dan juga sifat polyurethane yang *hidrofobik* dan serat yang *hidrofilik* menyebabkan pendistribusian serat yang tidak merata. Tetapi seiring bertambah banyaknya fraksi massa serat maka akan menambah kekuatan tarik dari material komposit tersebut (Gayatri, 2014).

#### **4.6 Uji Densitas dari Komposit B-%PU**

Pengujian densitas dilakukan untuk perhitungan massa jenis dari tiap spesimen dengan cara menghitung terlebih dahulu volume dan massa nya. Lalu selanjutnya dilakukan perbandingan antara massa jenis pada teori dan massa jenis pada eksperimen.

Tabel 4.7 Merupakan tabel hasil uji densitas pada spesimen komposit serat bambu. Pada komposisi 100%PU didapatkan densitas sebesar  $0.11 \text{ g/cm}^3$ . Sedangkan pada eksperimen massa jenis 100%PU  $0.11 \text{ g/cm}^3$ . Massa jenis PU eksperimen sama dengan teori menandakan tidak terjadi penambahan densitas.

Lalu dengan bertambahnya fraksi massa serat akan bertambah juga massa jenisnya. Tetapi bila dibandingkan



dengan densitas teori hasilnya akan berkurang Pada fraksi massa 5%B-95%PU untuk densitas eksperimen terjadi penambahan massa jenis  $0.071 \text{ g/cm}^3$  untuk hand lay-up. Lalu pada fraksi massa 10%B-90%PU untuk densitas eksperimen meningkat menjadi  $0.088 \text{ g/cm}^3$  untuk hand lay-up. Selanjutnya, pada fraksi massa 15%B-85%PU terjadi peningkatan densitas  $0.103 \text{ g/cm}^3$  untuk hand lay-up..

Sedangkan pada penelitian Qomariyah dan Farid (2016) memiliki nilai densitas polyurethane murni yang lebih tinggi dibandingkan komposit dengan serat.

Tabel 4.7 Data pengujian densitas pada komposit B-PU

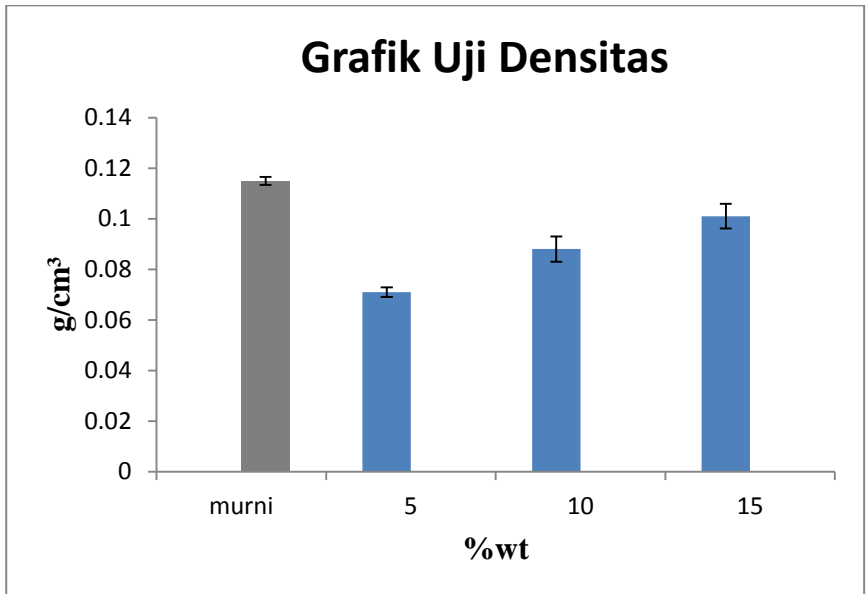
Fraksi Massa Serat (%)	Densitas ( $\text{g/cm}^3$ )	
	100% PU	Hand Lay-up
5% B	-	$0.071 \pm 0.0019$
10% B	-	$0.088 \pm 0.005$
15% B	-	$0.101 \pm 0.0049$
100% PU	$0.115 \pm 0.0016$	-

Dapat diartikan bahwa semakin banyak penambahan serat maka akan semakin meningkatkan massa jenis atau densitasnya. Terbukti dengan bertambah nya fraksi massa serat maka nilai densitas akan meningkat dibuktikan dengan gambar 4.9

Tetapi bila dibandingkan dengan teori nilai densitasnya turun, dikarenakan gelembung atau foam dari spesimen polyurethane serat bambu lebih banyak. Menurut Katrine Sivertsen (2007), jumlah void yang banyak akan mengakibatkan jumlah gas dalam void akan bertambah. Gas ini mempunyai kekuatan mekanik yang dapat menurunkan sifat mekanik dari foam atau void tersebut. Berarti akan mengakibatkan turunnya densitas pula. Hal ini dibuktikan



dengan nilai densitas eksperimen yang lebih kecil daripada teori. Karena pada saat eksperimen, polyurethane mengembang dengan volume tertentu dan semakin mengembang akan semakin banyak void dan gas.



Gambar 4.9 Grafik nilai uji densitas pada material komposit B-%PU



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**LAMPIRAN A**  
**PERHITUNGAN MASSA SPESIMEN**

Massa Jenis Serat Bambu.

$P = \text{Massa} / \text{Volume}.$

Volume silinder :  $3.14r^2t$

Keterangan :

Massa dalam gr

r dalam cm

t dalam cm

Diketahui:

Massa: 2 gr

r : 0.75 cm

t : 2.38 cm

$$P = 2 / 3.14 \times 0.75^2 \times 2.38$$
$$= 0.52 \text{ gr/cm}^3$$

Fraksi Massa Serat.

Massa Komposit : 25 gr



A. 5% serat

Serat :  $5\% \times 25 \text{ gr} = 1.25 \text{ gr}$

Polyurethane:  $25\text{gr} - 1.25 \text{ gr} = 23.75\text{gr}$

- isocyanate 70 : polyol 30

isocyanate :  $70/100 \times 23.75 \text{ gr} = 16.625 \text{ gr}$

polyol :  $30/100 \times 23.75 \text{ gr} = 7.125 \text{ gr}$

B. 10% serat

Serat :  $10\% \times 25 \text{ gr} = 2.5 \text{ gr}$

Polyurethane:  $25\text{gr} - 2.5 \text{ gr} = 22.5 \text{ gr}$

- isocyanate 70 : polyol 30

isocyanate :  $70/100 \times 22.5 \text{ gr} = 15.75 \text{ gr}$

polyol :  $30/100 \times 22.5 \text{ gr} = 6.75 \text{ gr}$

C. 15% serat

Serat :  $15\% \times 25 \text{ gr} = 3.75 \text{ gr}$

Polyurethane:  $25\text{gr} - 3.75 \text{ gr} = 21.25 \text{ gr}$

- isocyanate 70 : polyol 30

isocyanate :  $70/100 \times 21.25 \text{ gr} = 14.875 \text{ gr}$

polyol :  $30/100 \times 21.25 \text{ gr} = 6.375 \text{ gr}$


## LAMPIRAN B

### HASIL PENGUJIAN

#### Hasil Pengujian Absorpsi Suara

100% PU (Isocyanate : Polyol, 70:30)

-Murni



Surabaya, 05 Juni 2016

No : 13/PRO/VIBRATIC/VI16  
Hal : Hasil Pengukuran - Alpha Material

**SURAT KETERANGAN**

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 100% PU dari mahasiswa jurusan Material dan Metalurgi FTI ITS yang dilakukan pada Jumat, 03 Juni 2016 pukul 02.00 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan tinggi = 2 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:


**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi (Hz)	Alpha
125	0.142357
250	0.26421
500	0.327143
1000	0.378292
2000	0.393087
4000	0.408276

Kesimpulan

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa suara keros yang berasal dari ruangan yang menggunakan spesimen tersebut masih kurang dalam menyerap bunyi dan mengurangi dambak yang berada diluar ruang tersebut.

Mengucapkan,  
Kepala Laboratorium  
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika ITS



Dr. Dham Aulianto ST, M.Eng  
NIP. 19731007 199802 1 001

Logo of Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) and the text "Vibrastic Lab" are visible at the bottom of the document.

## -5% Serat Hand Lay up



Surabaya, 05 Juni 2016

No. 14/PRO/VIBRATIC/VI/16

Tgl. Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen komposit 95%PUH dari mahasiswa jurusan Material dan Metalurgi FTI ITS yang dilakukan pada Jum'at, 03 Juni 2016 pukul 02.00 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan tinggi = 1,5 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi(Hz)	Alpha
125	0.164159
250	0.228478
500	0.353295
1000	0.372172
2000	0.392797
4000	0.417122

Kesimpulan

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa suara keras yang berasal dari ruangan yang menggunakan spesimen tersebut masih kurang dalam menyerap bunyi dan mengganggu daerah yang berada diluar ruang tersebut.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika ITS

  
Dr. Dhany Arifianto ST, M.Eng  
NIP. 19731007 199802 1 001

Modul Teknik Material  
Jusuf Nur Hakim  
Kampus Teknologi  
www.kampus-teknologi.com

## -10% Serat Hand Lay up



Surabaya, 05 Juni 2016

No : 16/PRO/VIBRATIC/VU/16

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

**SURAT KETERANGAN**

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen komposit 90% PUH dari mahasiswa jurusan Material dan Metalurgi FTI ITS yang dilakukan pada Jum'at, 03 Juni 2016 pukul 02.00 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan tinggi = 1,5 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi(Hz)	Alpha
125	0.167498
250	0.287783
500	0.332431
1000	0.368891
2000	0.397003
4000	0.428987

**Kesimpulan**

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa suara keras yang berasal dari ruangan yang menggunakan spesimen tersebut masih kurang dalam menyerap bunyi dan mengganggu daerah yang berada diluar ruang tersebut.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Vibasi & Akustik Teknik Fisika-ITS



Dr. Dhany Arifanto ST, M.Eng  
NIP. 19731007 199802 1 001

Ilmu Teknik dan Vokasi  
Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Ilmu Teknologi Industri  
ITS - Institut Teknologi Sepuluh Nopember

## -15% Serat Hand Lay up



Surabaya, 05 Juni 2016

No : LS/PRO/VIHRASAC/VI/16  
Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

### SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen komposit 85% PUH dan mahasiswa jurusan Material dan Metalurgi FTI ITS yang dilakukan pada Jumat, 03 Juni 2016 pukul 02.00 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan tinggi = 1,5 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel Alpha Material Spesimen Uji

Frekuensi(Hz)	Alpha
125	0.137223
250	0.292345
500	0.494396
1000	0.378737
2000	0.828417
4000	0.434709

### Kesimpulan

Pengukuran Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa suara keras yang berasal dari ruangan yang menggunakan spesimen tersebut masih kurang dalam menyerap bunyi dan mengganggu daerah yang berada diluar ruang tersebut.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika- ITS

Dr. Dhany Arifianji ST, M.Eng  
NIP. 197310071998021001

Disetujui oleh: Wakil Kepala Akustik  
Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknik ITS  
Surabaya



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Nilai kekuatan lentur komposit PU berpenguat serat bambu mengalami kenaikan kekuatan lentur seiring penambahan fraksi massa seratnya. Nilai kekuatan lentur komposit PU berpenguat serat bambu terbesar untuk metode hand lay-up sebesar 19.142 Mpa.
2. Nilai koefisien absorpsi suara komposit polyurethane berpenguat serat bambu untuk hand lay-up sebesar 0.435 pada frekuensi 4000 Hz.
3. Komposit polyurethane berpenguat serat bambu termasuk ke dalam kategori porous absorber karena nilai koefisien absorpsi suara tinggi pada frekuensi tinggi.
4. Polyurethane yang terbentuk menghasilkan rigid foam dengan struktur sel tertutup. Sedangkan semakin bertambah fraksi massa serat, pori akan tampak lebih rapat dan ikatan antar pori tidak beraturan atau pecah.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Lebih diperhatikan lagi dalam pembuatan komposit dengan polyurethane agar void atau porinya bisa dikendalikan.
2. Untuk meningkatkan kekuatan mekaniknya, semisal untuk kekuatan tarik perlu ditambahkan coupling agent atau bahan tambahan agar kekuatan mekaniknya meningkat.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Muhammad dan Moh. Farid. 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum. **Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.**
- Alldi, Nurisiyantoro dan Moh. Farid. 2015. Pengaruh Komposisi Serat Bambu Betung dan Ampas Tebu Terhadap Morfologi Komposit Bermatriks Gypsum sebagai Aplikasi Sound Absorption Material. **Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.**
- ASM Metal Handbook Vol. 21
- ASTM-E1050-98. *Standard test method for impedance and absorbtion of acoustical material using a tube, two microphones, and digital frequency analysis system.* ASTM Subcommittee E33.01
- ASTM E2809, *Standard Guide for Using Scanning Electron Microscopy/X Ray Spectrometry in Forensic Paint Examinations*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- Callister, William D, Jr. 2008. **Materials Science and Engineering : An Introduction 8<sup>th</sup> Edition.** New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Chang Li Chi, J. 2014. *Improving The Mechanical Performance of Wood Fiber Reinforced Bio-Based Polyurethane Foam.* Canada : Toronto University
- Eriningsih Rifaida. 2009. *Komposit Serat Rami dan limbah Rami sebagai Bahan Absorbsi Suara.*
- Farid, M., T.Heriyanto, 2013. Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random Insidence Sound Absorption Coefficient (RAC) of Polyester/Ramie



- Fibre Composite Materials, Advance Material Research, Vol.789, pp.269-273.
- Farid, M., H. Ardhyananta, V. M. Pratiwi, S. P Wulandari, 2015. Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre. **Advanced Materials Research**. Vol.1112, pp. 329-332.
- Howard M David, dan Angus S A Jamie. 2009. **Acoustic and Psychoacoustic 4<sup>th</sup> Edition**. Oxford United Kongdom : Focal press is an imprint of Elsevier.
- Lee Joonmo, Kim Gue-Hyun, Ha Chang-Sik. 2012. *Sound Absorption Properties of Polyurethane/Nano Silica Nanocomposite Foams*. *Journal of Applied Polymer Science* DOI 10.1002/app.
- Lee, Y and Changwhan, J. 2003. *Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Fibrous Assembly Absorbers*. *AUTEX Research Journal*. Vol. 3, No.2.
- Mahajan R Sharad , dan Bapad Vilas Prasad. 2013. “*Specialized Noise Control Materials in Automotive Industry*”. **International Journal of Emerging Science and Engineering**. 2 : 35-41
- Mallick K P. 2007. ***Fiber Reinforced Composite Materials, Manufacture, and Design***. Michigan : CRC Press Taylor and Francis Group
- Owens N John. 2014. “*Design, Fabrication, and Testing of a Composite Side Door for a Mid-Size SUV*”. **GM Research and Development Material and Processes lab** : 1-24
- Suban, Stefanus Laga dan Moh. Farid, 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum. **Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya**.
- Sulistijono. 2012. **Mekanika Material Komposit**. Surabaya : ITS Press.

Varikh P D , Chen Y , dan Sun L. 2006. “Reducing Automotive Interior Noise with Natural Fiber non Woven Floor Covering System”. **Textile Research Journal**. 76 : 813-820

Wirajaya A. 2007. *Karakteristik Komposit Sandwich Serat Alami Sebagai Absorber Suara*. ITB BANDUNG

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Erdianto Eko Ahaddin lahir di kota Madiun pada tanggal 3 April 1994 dari ayah bernama Ir. Surjanto M,sC dan ibu bernama Erny Soewardiyati. Penulis adalah putra pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di MI Islamiyah Kota Madiun, lalu SMP Negeri 1 Madiun, lalu SMA Negeri 3 Madiun. Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI. Semasa kuliah penulis aktif di berbagai kegiatan intra dan ekstra kampus antara lain pernah menjadi staff Departemen PROKESMA (Keprofesian dan Kesejahteraan Mahasiswa) HMMT FTI-ITS 2013/2014, kemudian Wakil Kepala Departemen Kesma HMMT FTI-ITS 2014/2015, dan berbagai kegiatan kepanitiaan HMMT FTI-ITS maupun di BEM fakultas dan BEM ITS. Selain itu penulis juga memiliki pengalaman kerja praktisi di PT. Dirgantara Indonesia dan ditempatkan di Direktorat Aerostructure pada divisi Heat treatment yang digunakan sebagai tahapan proses untuk perlakuan pada part pesawat. Sebagai tugas akhir, penulis mengambil topik mengenai Material Inovatif (Komposit Kayu).